

СХЕМЫ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ



1957

В брошюре помещены схемы и краткие описания различных усилителей низкой частоты, построенных радиолюбителями и опубликованных в журнале „Радио" за период с 1948 по 1956 г.

Брошюра составлена Ф. И. Тарасовым

Редактор *В. В. Енютин.* Техн. редактор *Л. Я. Медведев.*

Сдано в набор 10/XI 1956 г. Подписано к печати 7/XII 1956 г.
Бумага 84×108 1/32. 3,28 п. л. Уч.-изд. л. 3,6.
Т-11831. Тираж 75 000 экз. Цена 1 р. 45 к. Заказ № 1586

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Усилители низкой частоты вызывают у радиолюбителя не меньший интерес, чем, например, радиовещательные приемники или телевизоры. Их постройкой занимаются многие радиолюбители-конструкторы, в том числе и начинающие радиолюбители.

Необходимую для этого схему радиолюбитель обычно находит в журнале или книге. Но если конструкции любительских приемников и телевизоров довольно часто описывались и в журнале «Радио», и в радиотехнических книгах, то описания любительских усилителей низкой частоты можно найти главным образом только в отдельных номерах журнала «Радио», которые не всегда могут быть у радиолюбителя. Понятны поэтому пожелания и предложения читателей Массовой радиобиблиотеки об издании сборника со схемами и описаниями таких усилителей.

Учитывая это, редакция Массовой радиобиблиотеки Госэнергоиздата и выпускает настоящую брошюру. В ней помещены схемы и описания различных усилителей низкой частоты, построенных радиолюбителями и опубликованных в журнале «Радио» за период с 1948 по 1956 г.

При составлении данного сборника большое внимание было обращено на унификацию схем и описаний усилителей. Поэтому все опубликованные ранее схемы скомпонованы здесь заново. Каждая схема имеет наиболее простое построение и общепринятые в настоящее время условные начертания деталей. Заново составлены и описания усилителей. Они по возможности сокращены и построены по единому плану. В каждом описании сначала дается краткая характеристика усилителя, затем отмечаются особенности его схемы, приводятся общие соображения о конструкции, сообщаются не указанные на схеме данные основных дета-

лей и, наконец, даются необходимые сведения по налаживанию собранного усилителя.

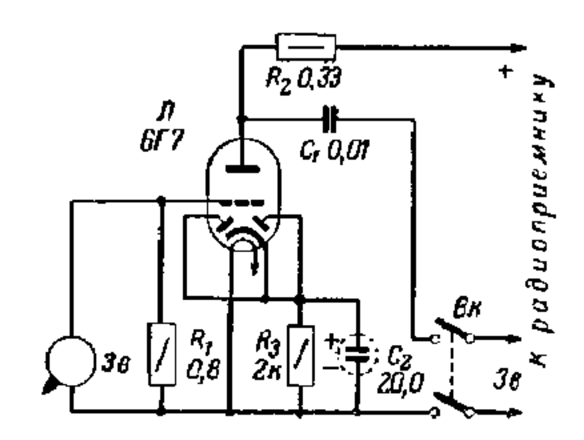
Для радиолюбителей, интересующихся более полным описанием конструкции того или иного помещенного здесь усилителя, в конце брошюры приводится указатель литературы.

Отзывы и замечания по этому сборнику просим направлять по адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, редакция Массовой радиобиблиотеки.

Редакция Массовой радиобиблиотеки

1. УСИЛИТЕЛЬНАЯ ПРИСТАВКА ДЛЯ ЗВУКОСНИМАТЕЛЯ

Однoламповая усилительная приставка, принципиальная схема которой приведена на фиг. 1, служит дополнительным каскадом к радиоприемнику, не обеспечивающему достаточную громкость при воспроизведении граммофонных пластинок.



Фиг. 1. Принципиальная схема усилительной приставки для звукоснимателя.

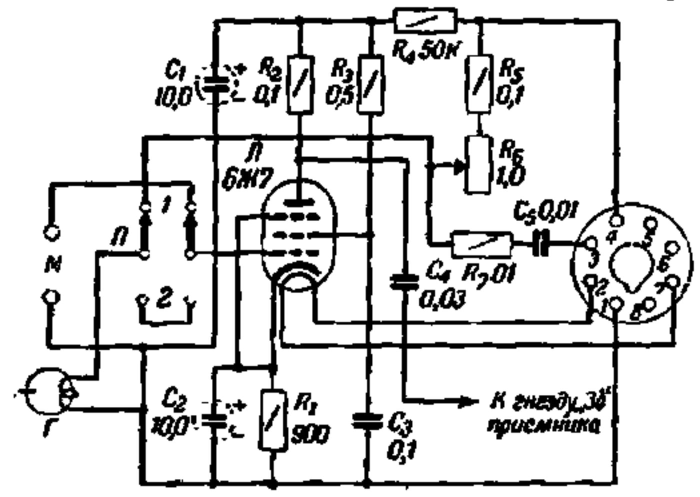
В приставке используется только триодная часть лампы 6Г7. Питание к ней подводится от соответствующих цепей радиоприемника. Двухполюсный выключатель *Вк* служит для включения и выключения приставки.

Детали приставки можно смонтировать на фанерной дощечке размерами 100 × 100 *мм*. Готовая приставка крепится в вертикальном положении к стенке ящика радиоприемника.

2. УСИЛИТЕЛЬНАЯ ПРИСТАВКА ДЛЯ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Простая одноламповая усилительная приставка, принципиальная схема которой дана на фиг. 2, позволяет при наличии лентопротяжного механизма и радиовещательного приемника производить запись на магнитофонную ленту от микрофона, звукоснимателя и приемника.

Приставка соединяется с приемником при помощи переходной колодки, представляющей собой цоколь от радиолампы со смонтированной на нем ламповой панелькой. Колодка вставляется в панельку лампы оконечного каскада приемника, а оконечная его лампа — в панельку колодки.



Фиг. 2. Принципиальная схема усилительной приставки для магнитной записи.

В этом случае через штырьки *2* и *7* переходной колодки поступает напряжение для накала лампы *Л*, а через штырьки *1* и *4* подается анодное напряжение от выпрямителя приемника.

При записи переключатель *П* ставится в положение *1*. Тогда головка *Г* соединяется через корректирующую цепь R_7C_5 с анодной цепью оконечной лампы приемника и на нее поступает напряжение звуковой частоты. Одновременно на головку через сопротивления R_5 и R_6 подается ток подмагничивания.

Если запись производится от микрофона (электродинамического), то последний включается в гнезда *М*, а анод лампы *Л* через конденсатор C_4 соединяется с незаземленным гнездом для звукоснимателя в приемнике. При записи

радиопередач провод с конденсатором C_4 выключается из гнезда приемника.

При воспроизведении записи переключатель *П* переводится в положение *2*, а провод с конденсатором C_4 соединяется с приемником.

Для записи и воспроизведения используется универсальная высокоомная головка в экране (с обмоткой из провода ПЭЛ 0,1). Стирается запись при помощи постоянного магнита (от магнитоэлектрического измерительного прибора), установленного на панели лентопротяжного механизма.

Усилительную приставку для магнитной записи можно смонтировать на алюминиевой скобе и прикрепить ее к панели лентопротяжного механизма.

3. ПРОСТЕЙШИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ГРАММЗАПИСИ

Усилитель содержит всего лишь один каскад усиления низкой частоты с лампой 6П9 и питается от электросети переменного тока через выпрямитель с кенотроном 6Ц5С. Используемая в нем лампа с большой крутизной обеспечивает достаточно громкое и естественное воспроизведение граммофонной записи от пьезоэлектрического звукоснимателя. Выходная мощность такого усилителя составляет около 2 *вт*.

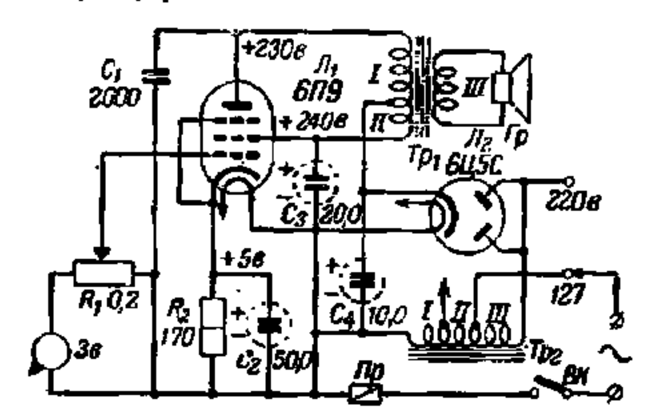
Схема. Принципиальная схема усилителя приведена на фиг. 3.

Напряжение низкой частоты от звукоснимателя *Зв* подается через переменное сопротивление R_1 (регулятор громкости) на управляющую сетку лампы $Л_1$. Усиленные этой лампой низкочастотные колебания поступают затем через трансформатор $Тр_1$ к громкоговорителю *Гр*, который преобразует их в звуковые колебания.

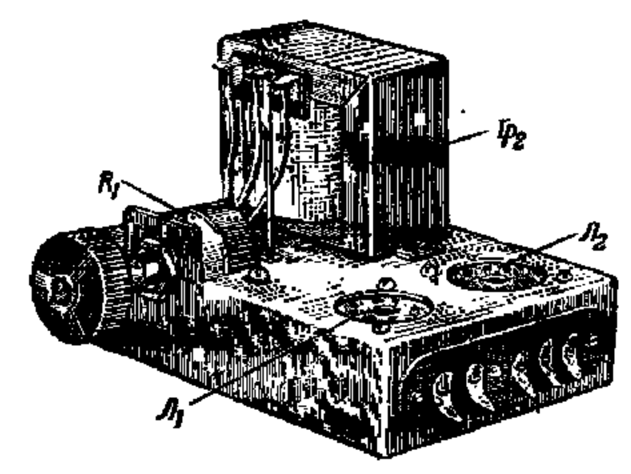
Необходимое для питания усилителя переменное напряжение от электросети (127 или 220 *в*) подводится через выключатель *Вк* и предохранитель *Пр* к автотрансформатору $Тр_2$, который понижает это напряжение (до 6,3 *в*) для накала ламп $Л_1$ и $Л_2$ и вместе с тем повышает его (при 127 *в*) для последующего выпрямления лампой $Л_2$. Выпрямленное напряжение сглаживается фильтром, состоящим из компенсационной обмотки *II* выходного трансформатора $Тр_1$ и конденсаторов C_3 и C_4 и подается затем в анодную цепь и цепь экранной сетки усилительной лампы $Л_1$. Использование компенсационной обмотки выходного трансформатора

вместо обычного дросселя упрощает устройство сглаживающего фильтра.

Конструкция и детали. Усилитель можно собрать на стальном или алюминиевом шасси (фиг. 4) размерами 130×90×30 *мм.*



Фиг. 3. Принципиальная схема простейшего усилителя для воспроизведения грамзаписи.



Фиг. 4. Вид смонтированного простейшего усилителя.

На верхней панеле шасси располагаются ламповые панельки и силовой трансформатор, на боковых его стенках — регулятор громкости (с выключателем электросети) и панельки с предохранителем и контактными лепестками, а в подвале шасси — постоянное сопротивление и все конденсаторы.

Чтобы избежать возникновения фона переменного тока, провода, соединяющие звукосниматель с управляющей сеткой усилительной лампы, должны быть экранированы.

Смонтированное шасси устанавливают в общем ящике с громкоговорителем. Для обеспечения нормального звучания не следует применять ящики очень малых размеров.

В усилителе используется электродинамический громкоговоритель 2-ГДМ-3, сопротивление звуковой катушки которого равно 3 *ом*. Выходной трансформатор $Тр_1$ для него собран на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 20 *мм*. Обмотка *I* состоит из 4 000 витков провода ПЭЛ 0,12—0,15, обмотка *II*, намотанная в том же направлении, — из 400 витков того же провода и обмотка *III* — из 80 витков провода ПЭЛ 0,7—0,8.

При использовании в усилителе электродинамического громкоговорителя с подмагничиванием его обмотка возбуждения может служить дросселем фильтра. В этом случае компенсационная обмотка выходного трансформатора станет ненужной. Сопротивление обмотки возбуждения при этом не должно превышать 500—800 *ом*.

Автотрансформатор $Тр_2$ может быть взят готовый от приемников «Москвич» или АРЗ-49. Самодельный автотрансформатор можно собрать на сердечнике сечением 6 *см²*. Обмотка *I* (для накала ламп) должна состоять из 44 витков провода ПЭЛ 0,8—0,9, обмотка *II* — из 790 витков ПЭЛ 0,25—0,27 и обмотка *III* — из 700 витков ПЭЛ 0,2—0,22.

Налаживание. Налаживание усилителя сводится, в основном, к проверке режима работы усилительной лампы и подбору конденсатора C_1, емкость которого на принципиальной схеме указана приблизительно. Напряжения на электродах лампы (относительно шасси) указаны на схеме усилителя.

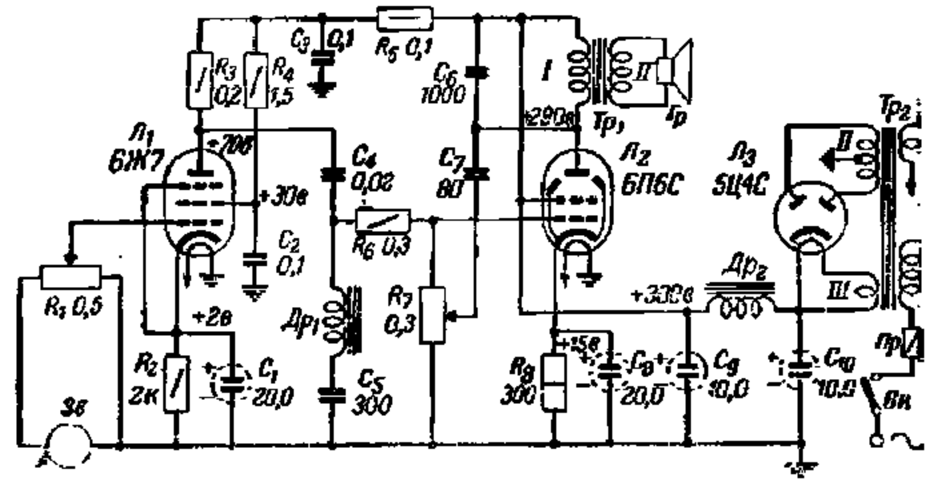
4. УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОИГРЫВАТЕЛЯ

Усилитель предназначен для воспроизведения граммофонной записи через звукосниматель с проигрывателем. Он построен по обычной двухкаскадной схеме усиления низкой частоты с лампами 6Ж7 и 6П6С и питается от электросети переменного тока через выпрямитель с кенотроном 5Ц4С. В схеме усилителя применен специальный фильтр для ослабления шума граммофонной пластинки. Выходная мощность усилителя равна 3 *вт*.

Схема. Принципиальная схема усилителя приведена на фиг. 5. Напряжение звуковой частоты от звукоснимателя *Зв* подается на потенциометр R_1, который используется как регулятор громкости. С потенциометра часть этого напряжения или все оно поступает на управляющую сетку

первой усилительной лампы $Л_1$. Сопротивление R_2 с коденсатором C_1 служит источником постоянного отрицатекого смещения на управляющую сетку этой лампы, а противление R_4 с конденсатором C_2 обеспечивает необхомый постоянный положительный потенциал на ее экрансетке.

Усиленное лампой $Л_1$ напряжение звуковой частоты педается с нагрузочного сопротивлении R_3 через разделителный конденсатор C_4 в цепь управляющей сетки втор(выходной) усилительной лампы $Л_2$. Дроссель $Др_1$ с конде

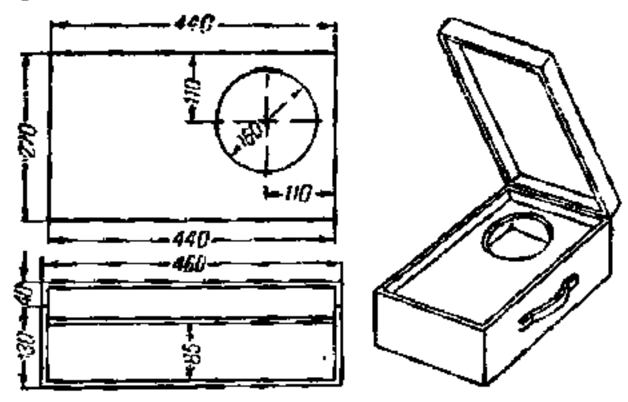


Фиг. 5. Принципиальная схема усилителя для проигрывателя.

сатором C_5, входящий в одну из ветвей этой цепи, образуе фильтр, значительно ослабляющий частоты выше 5 000 ги С таким фильтром воспроизведение граммофонных пласти нок почти не сопровождается неприятным шипением. Со противления R_6 и R_7 составляют делитель, с которого н управляющую сетку оконечной лампы снимается нормально по величине напряжение звуковой частоты.

В выходном каскаде усилителя применена отрицатель ная обратная связь. Для этого часть усиленного оконечно лампой напряжения звуковой частоты с анода этой ламп подается в противофазе через конденсатор C_7 на ее ж управляющую сетку. Так как емкость конденсатора C_7 не велика, то через него проходят главным образом верхни звуковые частоты. Переменное сопротивление R_7 (регулято тембра) позволяет изменять величину отрицательной обрат ной связи для этих частот. Сопротивление R_8 с конденсато ром C_8 служит источником постоянного отрицательного сме щения на управляющую сетку оконечной лампы.

Для питания анодных цепей усилителя служит двухолупериодный выпрямитель с кенотроном $Л_3$ и сглаживающим фильтром, состоящим из дросселя $Др_2$ и конденсаторов



Фиг. 6. Чертеж ящика для проигрывателя.

C_9 и C_{10}. Сопротивление R_5 и конденсатор C_3 образуют развязывающее звено между анодными цепями усилительных ламп.

Конструкция и детали. Усилитель, проигрыватель (звукосниматель и электродвигатель) и громкоговоритель можно смонтировать месте в небольшом деревянном ящике, изготовленном по чертежу фиг. 6. Общий вид такого устройства показан на фиг. 7.



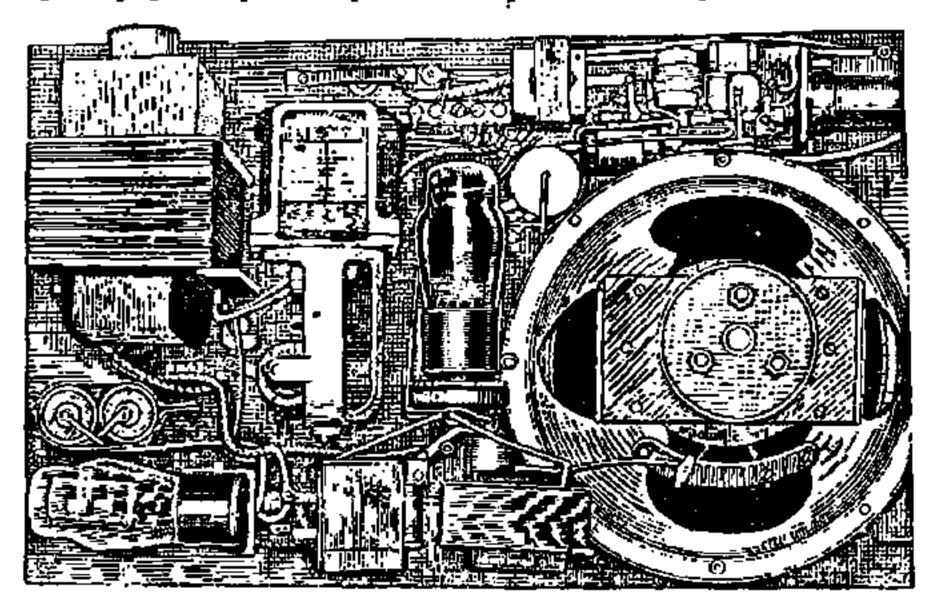
Фиг. 7. Внешний вид собранного проигрывателя.

Все детали располагаются на горизонтальной панеле. Электродвигатель и громкоговоритель должны быть укреплены на мягких резиновых шайбах. Лампы устанавливаются в горизонтальном положении. Регуляторы громкости и тембра помещаются вблизи от основания звукоснимателя. Расположение деталей на панеле показано на фиг. 8.

В данной конструкции установлены пьезоэлек-

трический звукосниматель типа АПР и асинхронный э тродвигатель типа АПМ-2. В случае применения электро нитного звукоснимателя нужно уменьшить величину со тивления R_6 (или исключить это сопротивление из схе и увеличить емкость (до 3 000—5 000 *пф*) конденсатора

Для усилителя подойдет любой электродинамичес громкоговоритель средней мощности (1,5—3 *вт*), напри типа 1ГДМ-1,5 или 2ГДМ-3, с выходным трансформатор рассчитанным под лампу 6П6С. Самодельный выход трансформатор для громкоговорителя с сопротивлением



Фиг. 8. Расположение деталей на панеле проигрывателя.

ковой катушки 3 *ом* можно собрать на сердечнике из п стин Ш-20 при толщине пакета 25 *мм*. Обмотка *I* долж состоять из 3 000 витков провода ПЭЛ 0,15—0,18, а обм ка *II* — из 87 витков ПЭЛ 0,7—0,8.

Дроссель $Др_1$ содержит 1 500 витков провода ПЭЛ 0, намотанных на сердечник из пластин Ш-12 при толщ пакета 12 *мм*. Можно использовать и любой другой небо шой дроссель с обмоткой из 1 000—2 000 витков (индукти ностью 2—4 *гн*), но тогда емкость конденсатора C_5 приде ся подобрать (от 100 до 1 000 *пф*) опытным путем, минимальному шуму граммофонной пластинки.

Силовой трансформатор $Тр_2$ можно взять готовый 50 — 70 *вт* от какого-либо радиовещательного приемни или собрать его на сердечнике сечением 12 *см*² с обмоткой

440 витков провода ПЭЛ 0,5 — 0,55 (для электросети в) или из 880 витков ПЭЛ 0,33 — 0,35 (для электросети в), обмоткой *II* — из 2 × 1 400 витков ПЭЛ 0,15 — 0,18, [о]ткой *III* — из 21 витка ПЭЛ 1,0 — 1,1 и обмоткой *IV* — 26 витков ПЭЛ 0,8 — 0,9.

Дроссель $Др_2$ должен иметь индуктивность 10 — 20 *гн* и [соп]ротивление постоянному току не более 1 000 *ом*. Его [мо]жно собрать на сердечнике сечением 3 — 5 *см²* с зазором — 0,3 *мм* и обмоткой из 3 000 — 5 000 витков провода [ПЭ]Л 0,15 — 0,18. Вместо него может быть включена обмот[ка] подмагничивания громкоговорителя.

Налаживание. Проверив в соответствии со схемой [пр]авильность всех соединений, усилитель включают в элек[тро]сеть и проверяют режим его питания, измеряя для этого [на]пряжения между электродами ламп и общим заземляю[щи]м проводом (шиной). Эти напряжения не должны силь[но] отличаться от указанных на схеме.

После этого включают проигрыватель и, поставив звуко[сн]иматель на замкнутую бороздку в конце пластинки, доби[ва]ются наименьшего шума путем более точного подбора [ем]кости конденсатора C_5. Движок регулятора тембра R_7 [в] это время должен быть в нижнем (по схеме) положении.

Проигрывая затем пластинку, надо добиться наилуч[ш]его ее звучания. Возможно, что для этого придется изме[ни]ть величину сопротивления R_6 и емкость конденсатора C_6.

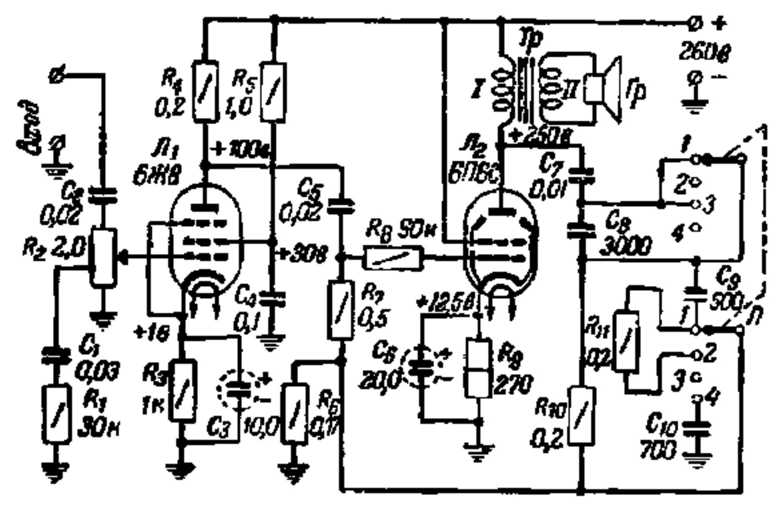
ДВУХЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА

Усилитель рекомендуется как составная часть несслож[но]го лампового приемника, но он может быть выполнен и [к]ак отдельное устройство для воспроизведения граммо[ф]онной записи или для других целей. Полоса его про[п]ускания лежит в пределах 80—6 000 *гц* с неравномер[н]остью усиления ± 1 *дб*, выходная мощность при коэффи[ц]иенте гармоник 2,5% равна 2,5 *вт*, а входное напряжение, [н]еобходимое для получения такой мощности на выходе уси[л]ителя, составляет 170 *мв*. Этот усилитель содержит два [к]аскада усиления с лампами 6Ж8 и 6П6С, имеет регуля[т]оры громкости и тембра и рассчитан на питание от элек[т]росети переменного тока через обычный выпрямитель.

Схема и детали. Первый каскад усилителя с лам[п]ой $Л_1$ выполнен по обычной реостатной схеме (фиг. 9). На его входе имеется компенсированный регулятор громко-

сти R_2. Цепь из конденсатора C_1 и сопротивления R_1,
дящая в эту часть схемы, вызывает подъем нижних час
благодаря чему обеспечивается естественность звучания
любом положении движка регулятора громкости.

Во втором выходном каскаде с лампой $Л_2$ примен
отрицательная обратная связь, напряжение которой под
ся на управляющую сетку лампы из ее анодной цепи че
ряд сопротивлений и конденсаторов. Входящий в этот у
сток схемы переключатель *П* служит ступенчатым регу
тором тембра. При положении *1* переключателя получае



Фиг. 9. Принципиальная схема двухлампового усилителя низкой частоты для радиовещательного приемника.

ослабление на верхних частотах (за счет шунтирован
сопротивления R_{10} конденсатором C_9). При положении
ослабление на верхних частотах становится меньше (посл
довательно с конденсатором C_9 включается сопротивлен
R_{11}) и, кроме того, повышается усиление на нижних част
тах (из-за введения в схему конденсатора C_8). При пол
жении *3* выключаются все частотнозависимые детали о
ратной связи и усиление на всей полосе пропускания ст
новится равномерным. При положении *4* усиление пон
жается и на верхних и на нижних частотах (из-за включ
нии конденсаторов C_8 и C_{10}). Все эти изменения частотн
характеристики усилителя получаются за счет ослаблен
или усиления действия отрицательной обратной связи
разных частотах.

Выходной трансформатор *Тр* рассчитан на работу
громкоговорителем, звуковая катушка которого имеет с

ротивление 3 — 4 *ом*. Его сердечник собран из пластин Ш-20 (окно 10 × 30 *мм*) при толщине пакета 40 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2 900 витков провода ПЭЛ 0,15, а обмотка *II* — из 82 витков ПЭЛ 0,8.

6. ДВУХЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Усилитель предназначен для воспроизведения граммофонной записи и усиления радиопередач, принимаемых на детекторный или ламповый приемники. Он содержит два каскада усиления с лампами 6Ж7 и 30П1С и выпрямитель с кенотроном 30Ц1М. Особенностью этого усилителя является схема питания от электросети без силового трансформатора и дросселя фильтра, что заметно упрощает его устройство.

В усилителе применена отрицательная обратная связь, повышающая качество его работы. Он имеет регуляторы громкости и тембра. Его выходная мощность при анодном напряжении 100 — 110 *в* составляет около 1 *вт*.

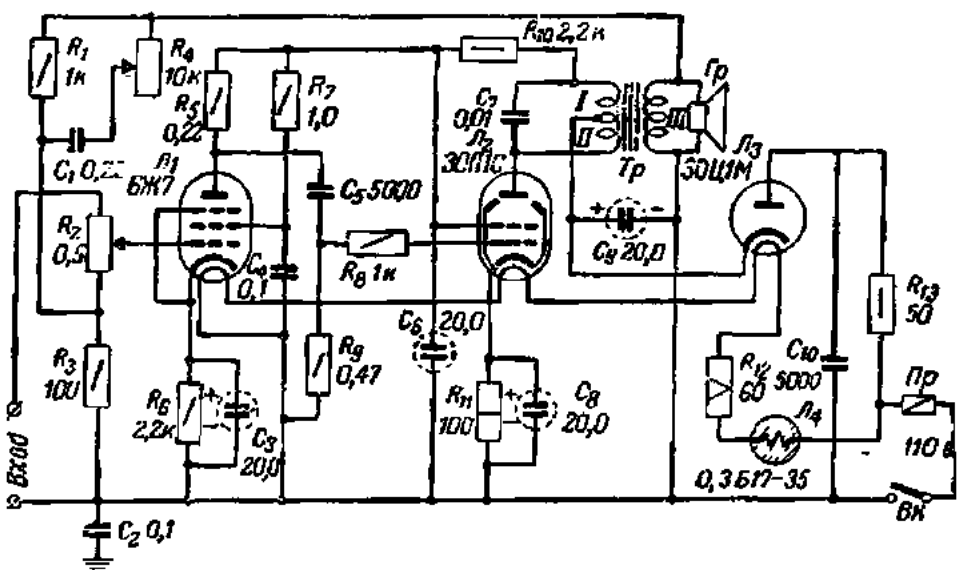
Схема. В предварительном каскаде усиления работает лампа $Л_1$, в выходном каскаде лампа $Л_2$ и в выпрямителе кенотрон $Л_3$ (фиг. 10). Нити накала этих ламп соединены последовательно и включены через сопротивления R_{12} и стабилизатор тока $Л_4$ непосредственно в электросеть переменного или постоянного тока.

Напряжение звуковой частоты от звукоснимателя или другого источника подается на вход усилителя и поступает здесь на делитель, состоящий из высокоомного потенциометра R_2 и низкоомного сопротивления R_3. С потенциометра R_2, который служит регулятором громкости, бо́льшая или меньшая часть этого напряжения попадает в цепь управляющей сетки первой усилительной лампы $Л_1$, усиливается последней и через конденсатор C_5 и сопротивление R_8 передается в цепь управляющей сетки второй усилительной лампы $Л_2$. Конденсатор C_5 преграждает путь постоянному току из анодной цепи лампы $Л_1$ в сеточную цепь лампы $Л_2$, а сопротивление R_8 обеспечивает устойчивость работы усилителя. Усиленное еще раз лампой $Л_2$ напряжение звуковой частоты через выходной трансформатор *Тр* поступает на громкоговоритель *Гр*.

Сопротивление R_5 является анодной нагрузкой первой усилительной лампы, сопротивление R_7 понижает постоянное напряжение на экранную сетку этой лампы, а сопротивления R_6 и R_{11} с конденсаторами C_3 и C_8 служат источни-

ками отрицательного смещения на управляющие сетки о[...] их усилительных ламп.

С выхода усилителя (с обмотки *III* выходного трансформатора *Тр*) на его вход (в цепь управляющей сетки лампы $Л_1$) через цепь, состоящую из сопротивлений R_1 и R_4 и конденсатора C_1, подается напряжение отрицательной обратной связи, повышающей устойчивость работы усилителя и уменьшающей в нем амплитудные и частотные искажения. Переменное сопротивление R_4 в цепи отрицательной обратной связи служит регулятором тембра.



Фиг. 10. Принципиальная схема двухлампового усилителя.

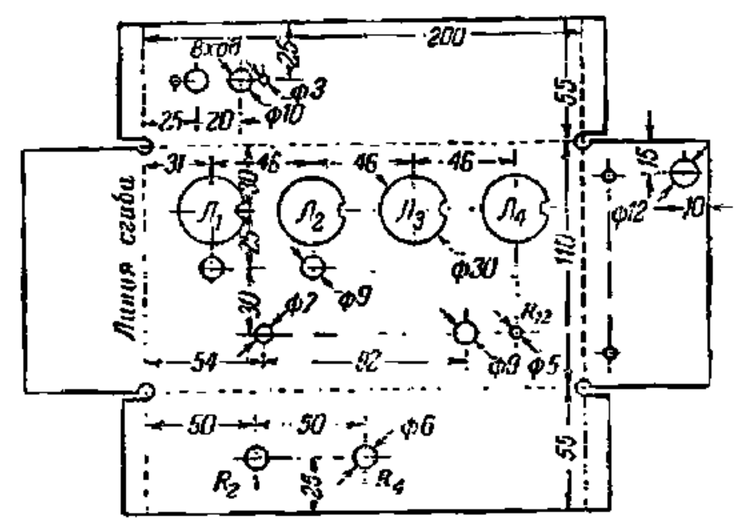
Выпрямитель для питания анодных цепей усилителя собран по однополупериодной схеме выпрямления с кенотроном $Л_3$. Переменное или постоянное напряжение электросети подается через сопротивление R_{13} на кенотрон, который выпрямляет (переменное напряжение) или пропускает (постоянное напряжение) это напряжение. Выпрямленное или пропущенное кенотроном напряжение сглаживается фильтром, в который входят компенсационная обмотка *II* выходного трансформатора *Тр*, сопротивление R_{11} и конденсаторы C_6 и C_9.

Конструкция и детали. Усилитель можно собрать на шасси, изготовленном из листа алюминия или мягкой стали по чертежу фиг. 11. На верхней панели шасси укрепляют ламповые панельки, электролитические конденсаторы C_6 и C_9, а также добавочное сопротивление R_{12},

остальные детали располагают внутри шасси. Расположение деталей и соединительных проводов показано на фиг. 12.

Монтаж производят изолированным проводом. Все детали и провода должны быть тщательно изолированы от шасси. Регулятор громкости R_2 надо соединить со схемой экранированными проводами. Экранирующую оболочку этих проводов необходимо изолировать от шасси и соединить с общей шиной, которая соединяется с шасси через конденсатор C_2.

Собранное шасси усилителя устанавливается в общем ящике с громкоговорителем. Чтобы получить нормальное



Фиг. 11. Чертеж шасси двухлампового усилителя.

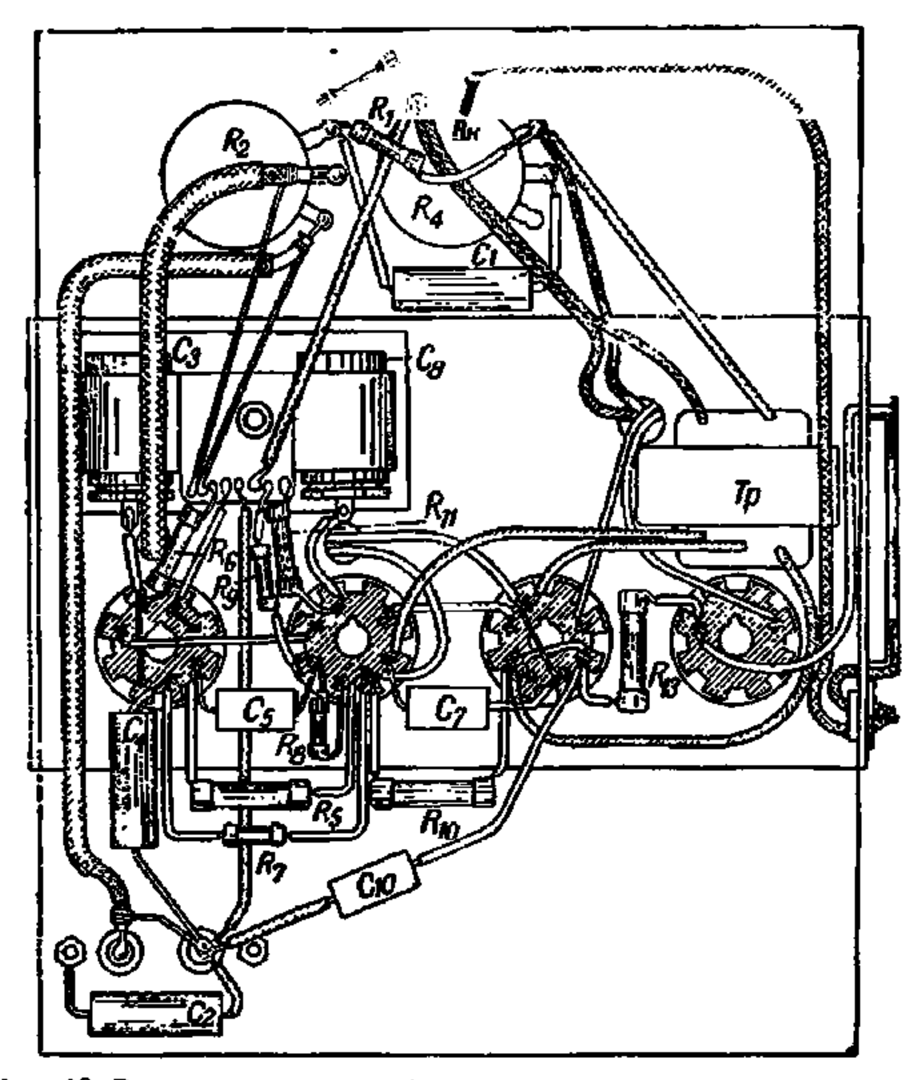
звучание громкоговорителя и обеспечить необходимое охлаждение нагревающихся деталей, не следует применять ящики очень малых размеров.

Сопротивление R_{10} должно быть рассчитано на мощность рассеяния не менее 0,5 *вт*, сопротивление R_{11} — на 1 *вт*, сопротивление R_{12} (проволочное) — на 5 *вт*, а все остальные — на 0,25 *вт*. Регулятор тембра (переменное сопротивление R_4) желательно взять типа ТК (с выключателем *Вк* на общей оси).

Электролитические конденсаторы C_3 и C_8 должны быть рассчитаны на рабочее напряжение 20 — 30 *в*, а C_6 и C_9 — на 150 — 300 *в*. Емкость конденсатора C_7 (10 000 — 20 000 *пф*) подбирается при налаживании усилителя.

Выходной трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пластин Ш-16 при толщине пакета 16 *мм* с зазором 0,1 *мм*.

Обмотка *I* состоит из 2 250 витков провода ПЭЛ 0,13 мотка *II* (продолжение обмотки *I*) — из 250 витков тов провода, а обмотка *III* — из 100 витков провода ПЭЛ (для громкоговорителя с сопротивлением звуковой ка



Фиг. 12. Расположение деталей и монтаж двухлампового усилите

ки 3 *ом*). При намотке трансформатора через каждые 20 250 витков прокладывают слой тонкой парафинирован бумаги. Обмотка *III* изолируется от обмотки *I* двумя с ями изоляционного полотна или плотной парафинирован бумаги. Каркас с обмотками рекомендуется пропитать рафяном.

Кенотрон $Л_3$ в выпрямителе можно заменить селенов

столбиком, состоящим из 10—12 шайб диаметром 35 *мм*. В этом случае необходимо увеличить сопротивление R_{12} до 280 *ом* или, исключив это сопротивление из схемы, поставить вместо стабилизатора тока 0,3Б17-35 стабилизатор типа 0,3Б65-135. Можно также обойтись и без стабилизатора тока, увеличив сопротивление R_{12} до 180 *ом*.

Налаживание. Готовый усилитель подключается к электросети и испытывается на работу от звукоснимателя и детекторного приемника. При питании усилителя от электросети 220 *в* нужно последовательно с предохранителем *Пр* включить дополнительное сопротивление в 240—260 *ом*, рассчитанное на ток 350 *ма*. В случае питания усилителя от сети постоянного тока провод с отрицательным полюсом должен быть присоединен к зажиму, соединенному через выключатель *Вк* с общей шиной усилителя. Если в работающем усилителе возникает самовозбуждение, то надо поменять местами выводы обмотки *III* выходного трансформатора *Тр*.

Звукосниматель включается на вход усилителя. Провода от него должны быть экранированными. Экранирующая оболочка, соединенная с одним из проводов звукоснимателя, подключается к зажиму, соединенному с общей шиной. При воспроизведении граммофонной записи надо опытным путем подобрать емкость конденсатора C_7 такой, при которой получается наиболее естественное звучание.

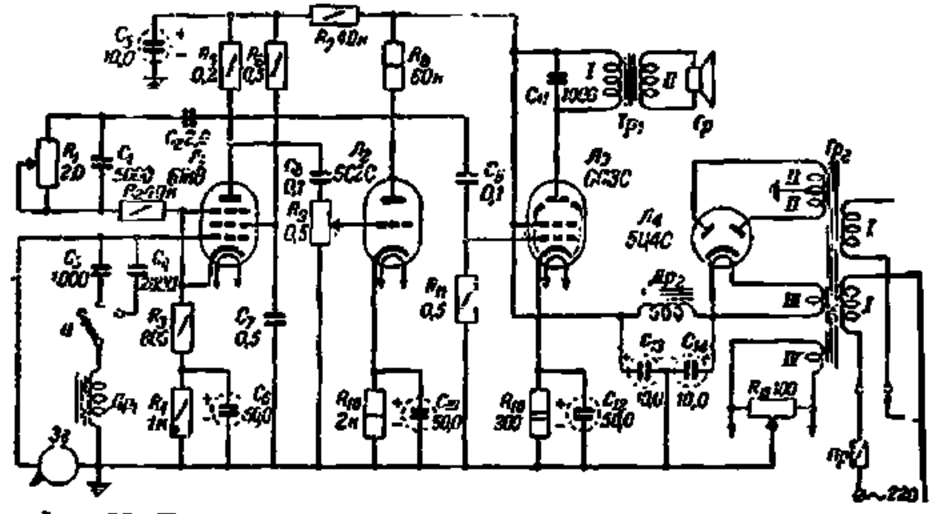
Для работы усилителя от детекторного приемника телефонные гнезда последнего нужно соединить короткими проводами с входными гнездами усилителя. При этом во избежание заземления электросети необходимо отсоединить от детекторного приемника заземляющий провод. Между телефонными гнездами приемника следует включить сопротивление порядка 10—30 *ком* (величина его подбирается опытным путем, по наиболее естественному звучанию громкоговорителя). Если при включении детекторного приемника в громкоговорителе возникнет сильный фон, надо поменять местами провода, соединяющие приемник с входными зажимами усилителя.

7. УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ГРАММЗАПИСИ

Усилитель предназначен для воспроизведения граммофонной записи от проигрывателя с обычным электромагнитным звукоснимателем. Он имеет три каскада усиления

низкой частоты с лампами 6Ж8, 6С2С и 6П3С, питае
от электросети переменного тока через выпрямитель с ке
троном 5Ц4С. Повышенное усиление в области низших з
ковых частот компенсирует их завал на граммофонной п
стинке. Кроме того, усилитель не пропускает частот вы
4 000 — 6 000 *гц*, ослабляя этим шумы от граммофон
иглы. Выходная мощность этого усилителя составляет 3
при коэффициенте нелинейных искажений меньше 3%.

Схема. Принципиальная схема усилителя предст
лена на фиг. 13. Первые два каскада с лампами $Л_1$ и



Фиг. 13. Принципиальная схема усилителя для воспроизведения грамзаписи.

обеспечивают предварительное усиление напряжения
звукоснимателя *Зв.* Переключатель *П* па входе первог
каскада позволяет включить резонансный контур, состоящ
из дросселя $Др_1$ и конденсатора C_3 или C_4. Этот конту
создает крутой спад характеристики на частотах выше 4 00
или 6 000 *гц*. Подъем низших звуковых частот осущест
вляется узлом из R_1, C_1, R_2, включенным в цепь отрицател
ной обратной связи между лампами $Л_2$ и $Л_1$. Степен
подъема этих частот регулируется переменным сопроти
лением R_1. Конденсатор C_2 в этой цепи является раз
делительным и не оказывает влияния на форму частотно
характеристики усилителя. Регулятором громкости служи
переменное сопротивление R_9 на входе второго каскада.

Третий, выходной, каскад усилителя с лампой $Л_3$ собра
по обычной схеме.

Выпрямитель для питания анодных цепей ламп усилителя собран по двухполупериодной схеме выпрямления с кенотроном $Л_4$. Сглаживающий фильтр выпрямителя состоит из дросселя $Др_2$ и электролитических конденсаторов C_{13} C_{14}. Питание на первый каскад усилителя подается через дополнительный, развязывающий фильтр из сопротивления R_7 и конденсатора C_5. Для уменьшения фона переменного тока в цепь накала ламп усилителя введена искусственная средняя точка с переменным сопротивлением R_{13}. Движок этого сопротивления устанавливают при регулировке усилителя на минимальный уровень фона.

Конструкция и детали. Усилитель можно собрать в ящике или чемодане, разместив его детали на стальном или алюминиевом шасси. При монтаже усилителя следует применять необходимые меры против возможных вредных связей между его каскадами, располагая для этого соответствующим образом его детали и провода, а в необходимых случаях и экранируя их (особенно детали и провода первого каскада).

Дроссель $Др_1$ должен обладать высокой добротностью, поэтому его сердечник собирается из пермаллоевых пластин Ш-12 при толщине пакета 8 *мм*. Его обмотка состоит из 440 витков провода ПЭЛ 0,3. Для уменьшения междувитковой емкости обмотка дросселя разделена на четыре секции по 110 витков в каждой. Индуктивность этого дросселя около 0,3 *гн*.

Сердечник для дросселя $Др_1$ можно собрать и из стандартных пластин трансформаторной стали, например из пластин Ш-17 при толщине пакета 10 *мм*. В этом случае обмотка дросселя должна состоять из 520 витков провода ПЭЛ 0,3. Однако при таком сердечнике характеристика усилителя в области высших звуковых частот будет иметь более пологий спад.

Выходной трансформатор $Тр_1$ должен рассчитываться в соответствии с лампой $Л_3$ и громкоговорителем *Гр*.

Силовой трансформатор $Тр_2$ имеет сердечник из пластин Ш-25 при толщине пакета 40 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2×550 витков провода ПЭЛ 0,25, обмотка *II* — из 1 500 + + 1 500 витков провода ПЭЛ 0,17, обмотка *III* — из 27 и обмотка *IV* — из 33 витков провода ПЭЛ 1,0.

Дроссель $Др_2$ может быть собран на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 30 *мм* с обмоткой из 6 000 витков провода ПЭЛ 0,17. Вместо него можно использовать обмотку подмагничивания громкоговорителя.

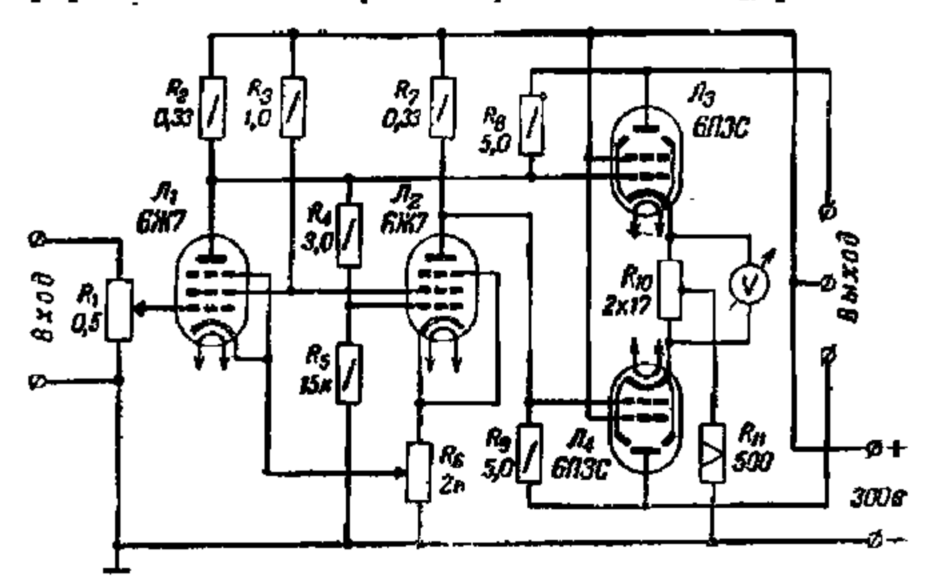
8. УСИЛИТЕЛЬ БЕЗ КОНДЕНСАТОРОВ

Непосредственная (без разделительных конденсатор связь между отдельными каскадами усилителя позвол при сравнительно простой схеме получить высококачеств ное усиление токов самой различной формы. Собранный такой схеме двухкаскадный или трехкаскадный усилит может быть применен для усиления принятых радиопе дач, граммзаписи, сигналов связи, телемеханических сиг лов, термотоков, фототоков, биотоков и т. п.

Четырехламповый (две 6Ж7 и две 6П3С) усилите схема которого приведена на фиг. 14, отдает до 8 *вт* пол ной мощности при напряжении на входе 0,05 *в*. Коэф циент его усиления при сопротивлении нагрузки 10 *ком* стигает 8 000. Зависимость тока на выходе от напряжен на входе составляет 1,2 *ма* на 1 *мв*.

Схема. Усилитель состоит из предварительного ка када усиления с лампой $Л_1$, фазоинвертора с лампой $Л_2$ выходного двухтактного каскада усиления с лампами и $Л_4$.

Напряжение, которое нужно усилить, подается на упра ляющую сетку лампы $Л_1$ с потенциометра R_1, включенно на входе усилителя. Из анодной цепи этой лампы усиле ное ею напряжение попадает непосредственно на управля щую сетку выходной лампы $Л_3$, работающей в одном пле двухтактной схемы, а часть его с делителя R_4R_5 подводит к управляющей сетке фазоинверсной лампы $Л_2$, усиливае



Фиг. 14. Принципиальная схема усилителя без конденсаторов.

ею до необходимого значения и подается в обратной фазе на управляющую сетку выходной лампы $Л_4$, работающей в другом плече двухтактной схемы. Сопротивления R_8 R_9, соединяющие аноды выходных ламп с их управляющими сетками, образуют цепи отрицательной обратной связи, повышающей устойчивость работы усилителя.

Небольшое положительное смещение (0,2 — 0,3 *в*) из анодной цепи лампы $Л_1$ на управляющую сетку лампы $Л_2$ компенсируется дополнительным отрицательным смещением части потенциометра R_6 между его движком и концом, соединенным с катодом лампы, а положительные смещения анодных цепей ламп $Л_1$ и $Л_2$ на управляющие сетки выходных ламп нейтрализуются повышенным для этого отрицательным смещением с катодного сопротивления R_{11}.

К выходу усилителя, рассчитанному под симметричную нагрузку в 10 *ком*, можно подключать измерительные или регистрирующие приборы (осциллографы, ондуляторы), резонансные селекторы, реле и двухтактные трансформаторы.

Детали и монтаж. В отличие от обычных реостатно-емкостных схем величины постоянных сопротивлений и токи в отдельных цепях этого усилителя должны быть строго рассчитаны и сбалансированы. Поэтому лампы для усилителя надо подбирать с полноценной эмиссией, а все сопротивления брать хорошего качества и с большим запасом по мощности. Отклонение величин сопротивлений от указанных на схеме не должно превосходить $\pm$ 10%.

При сборке усилителя детали надо располагать так, чтобы соединительные провода были как можно короче.

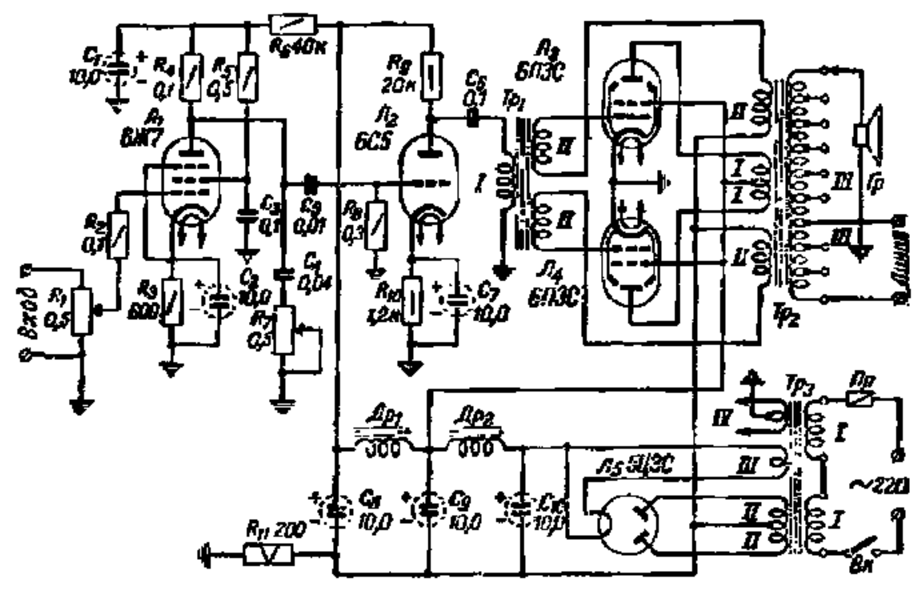
Налаживание и регулировка. Налаживание усилителя сводится к проверке режима питания всех ламп и уравновешиванию тока в плечах выходного каскада при помощи потенциометра R_6. Контроль симметрии схемы производится указателем баланса, включенным между катодами выходных ламп. Таким указателем может служить любой низкоомный вольтметр. При полной симметрии напряжение между катодами равно нулю. Общий ток сбалансированного усилителя должен равняться 140 — 150 *ма*. Он подбирается изменением величины сопротивления R_3.

9. ДВАДЦАТИПЯТИВАТТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Усилитель рассчитан на максимальную выходную мощность в 25 *вт* при коэффициенте гармоник не более 2%. Эту мощность он отдает при работе от электромагнитного звуко-

снимателя обычного типа. Его частотная характеристи практически прямолинейна в пределах от 50 до 8 000 Нагрузкой усилителя могут быть электродинамичес громкоговорители и трансляционная линия. Питается у литель от сети переменного тока 110 или 220 *в*.

Схема. Усилитель содержит три каскада усиле низкой частоты (фиг. 15). Первый его каскад с лампой типа 6Ж7 выполнен по обычной реостатной схеме. Пот циометр R_1 на входе этого каскада служит регулятор



Фиг. 15. Принципиальная схема двадцатипятиваттного усилителя.

громкости. Сопротивление R_2 включено в сеточную цеп лампы $Л_1$ с целью предотвращения возможного возбужд ния каскада. Регулировка тембра осуществляется в анодню цепи лампы при помощи переменного сопротивления R_7.

Второй каскад усилителя с лампой $Л_2$ типа 6С5 собра по реостатно-трансформаторной схеме (с сопротивление R_9 и трансформатором $Тр_1$ в анодной цепи лампы).

В третьем выходном двухтактном каскаде работают лам пы $Л_3$ и $Л_4$ типа 6П3С. В нем применена отрицательна обратная связь, напряжение которой с симметричной допол нительной обмотки *II* выходного трансформатора $Тр_2$ по дается в сеточные цепи оконечных ламп $Л_3$ и $Л_4$. Секцион рованная обмотка *III* выходного трансформатора позволяе подключать к выходу усилителя различные электродинами ческие громкоговорители и трансляционную линию.

Выпрямитель с кенотроном $Л_5$ типа 5Ц3С собран по обычной двухполупериодной схеме выпрямления. В нем имеется двухзвенный сглаживающий фильтр с дросселями $Др_1$, $Др_2$ и конденсаторами C_8, C_9, C_{10}. Анодные цепи ламп всех каскадов получают раздельное питание (лампы $Л_3$ и $Л_4$ после дросселя $Др_2$, лампа $Л_2$ после дросселя $Др_1$ и лампа $Л_1$ после сопротивления R_6). Это обеспечивает устойчивую работу усилителя. Напряжение смещения на управляющие сетки ламп поступает с сопротивлений R_3 (для лампы $Л_1$), R_{10} (для лампы $Л_2$) и R_{11} (для ламп $Л_3$ и $Л_4$).

Конструкция и детали. Усилитель можно собрать в деревянном ящике (485×210×355 *мм*) с откидной передней стенкой. Все детали усилителя располагаются на шасси, изготовленном из мягкой листовой стали толщиной 1—1,5 *мм*.

Междуламповый трансформатор $Тр_1$ имеет сердечник из пластин Ш-25 при толщине пакета 25 *мм*. Обмотка *I* состоит из 3 200 витков провода ПЭЛ 0-1, а обмотка *II* — из 2×6 000 витков того же провода.

Выходной трансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-32 при толщине пакета 35 *мм*. Его обмотка *I* состоит из 2×850 витков провода ПЭЛ 0,3, обмотка *II* — из 2×60 (подбирается опытным путем в пределах от 2××20 до 2×100) витков ПЭЛ 0,6 и обмотка *III* — из 22+7+5+9+6+29 витков ПЭЛ 1,5 и 214+88+112 витков ПЭЛ 0,55 (секции этой обмотки рассчитаны соответственно под нагрузку 2, 3, 4, 5, 8, 16. 125, 250 и 500 *ом*; счет в соответствии с принципиальной схемой — сверху вниз).

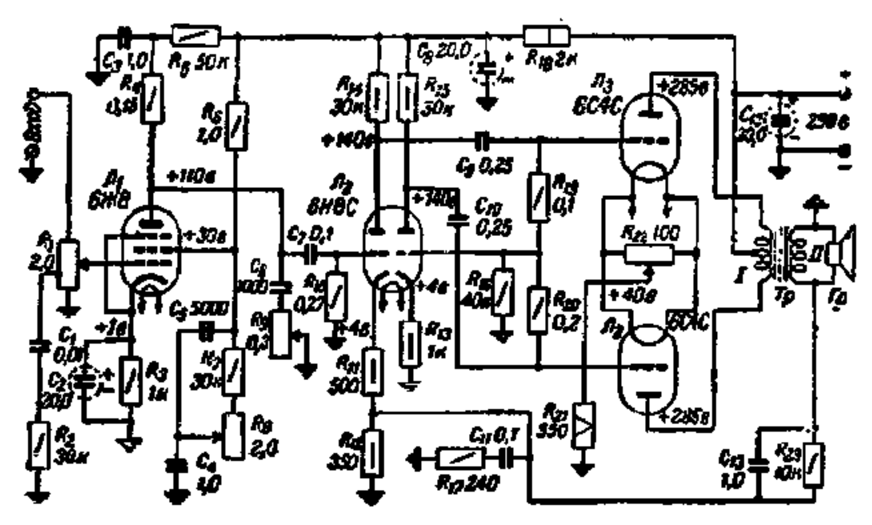
Силовой трансформатор $Тр_3$ имеет сердечник из пластин Ш-32 при толщине пакета 60 *мм*. Обмотка *I* содержит 2×200 витков провода ПЭЛ 0,8, обмотка *II* — 2×670 витков ПЭЛ 0,35, обмотка *III* — 7 витков ПЭЛ 1,4 и обмотка *IV* — 2×5 витков ПЭЛ 1,5.

Дроссель фильтра $Др_1$ имеет сердечник из пластин Ш-19 при толщине пакета 20 *мм* и обмотку из 3 400 витков провода ПЭЛ 0,08 (сопротивление обмотки постоянному току 1 400 *ом*). Дроссель фильтра $Др_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-25 при толщине пакета 25 *мм* и зазоре 0,1 *мм*. Его обмотка содержит 3 000 витков провода ПЭЛ 0,3 (сопротивление 150 *ом*).

Этот усилитель можно использовать для усиления речей и для звукозаписи, если добавить к нему еще один реостатный каскад, подобный первому входному каскаду.

10. УСИЛИТЕЛЬ С ДВУХТАКТНЫМ ВЫХОДНЫМ КАСКАДОМ НА ТРИОДАХ

Усилитель представляет собой низкочастотную ча высококачественного радиовещательного приемника, но жет быть выполнен и как отдельное устройство для восп изведения граммофонной записи. Он содержит три каск усиления и фазоинверсный каскад с лампами 6Ж8, 6Н и двумя 6С4С, имеет регулятор громкости и регулят тембра верхних и нижних частот и рассчитан на питание электросети переменного тока через обычный выпрямите



Фиг. 16. Принципиальная схема усилителя с двухтактным выходн каскадом на триодах.

Полоса пропускания усилители 50 — 10 000 *гц*, выходн мощность 8 *вт* при коэффициенте гармоник не более 2,5 а напряжение на его входе для получения такой мощнос должно быть порядка 150 *мв*.

Схема и детали. Принципиальная схема усилите приведена на фиг. 16. Первые два каскада усиления с пе тодом $Л_1$ и левым (по схеме) триодом лампы $Л_2$ выполне по реостатной схеме. На входе усилителя имеется компе сированный регулятор громкости R_1 с корректирующ цепью C_1R_2. Между первым и вторым каскадами усилен помещены регулятор тембра верхних частот R_9 и регулят тембра нижних частот R_8. Регулировка осуществляется счет изменения коэффициента усиления первого каскада краях полосы пропускания. Усиление на верхних частот регулируется изменением сопротивлении цепи C_6R_9, шунт

ющей нагрузочное сопротивление R_1. На нижних частотах илление регулируется изменением сопротивления цепи $C_4R_7R_8$, изменяющей в свою очередь значение переменной ставляющей напряжения на экранной сетке лампы $Л_1$, йствующего в противофазе с напряжением низкой частоты на ее управляющей сетке.

Правый (по схеме) триод лампы $Л_2$ работает в фазоинверсном каскаде, который построен по автобалансной схеме, обеспечивающей устойчивое симметрирование напряжения низкой частоты, подаваемого на вход двухтактного выходного каскада.

В выходном каскаде усиления используются триоды $Л_3$ и $Л_4$. От обмотки *II* трансформатора *Тр* этого каскада в катодную цепь усилительного триода $Л_2$ через делитель $R_{23}C_{13}R_{12}$ поступает напряжение отрицательной обратной связи, обеспечивающей качественные показатели усилителя. Конденсатор C_{13} ослабляет действие обратной связи на нижних, а конденсатор C_{11} с сопротивлением R_{17} — на верхних частотах полосы пропускания, благодаря чему на этих частотах создается необходимый для регулирования тембра запас усиления.

Выходной трансформатор *Тр*, рассчитанный для громкоговорителя *Гр* со звуковой катушкой в 10 *ом*, имеет сердечник из пластин Ш-26 (окно 13×39 *мм*) при толщине пакета 39 *мм*, обмотку *I* из 2×750 витков провода ПЭЛ 0,2 и обмотку *II* из 67 витков ПЭЛ 0,8.

11. УСИЛИТЕЛЬ С ДВУХТАКТНЫМ ВЫХОДНЫМ КАСКАДОМ НА ЛУЧЕВЫХ ТЕТРОДАХ

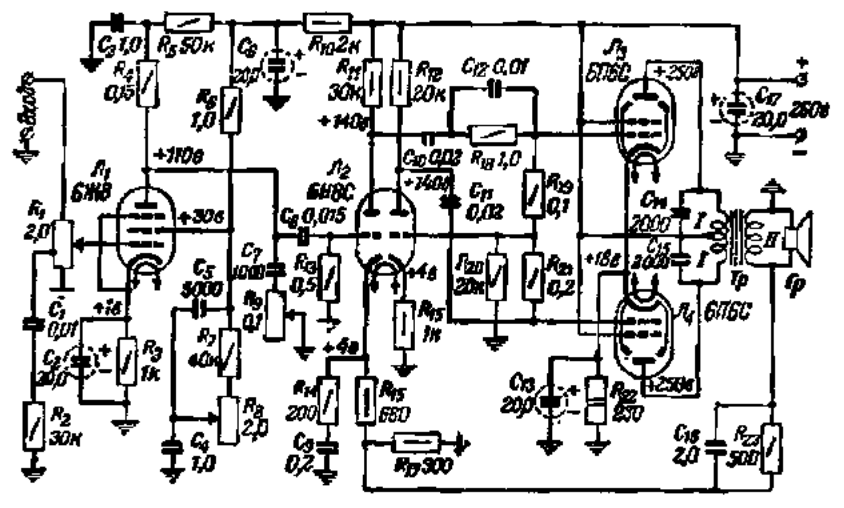
Усилитель может быть использован в качестве низкочастотной части радиовещательного приемника или собран как отдельное устройство для воспроизведения граммофонной записи. Он содержит три каскада усиления и фазоинверсный каскад с лампами 6Ж8, 6Н8С и двумя 6П6С, имеет регулятор громкости и регуляторы тембра верхних и нижних частот и рассчитан на питание от электросети переменного тока через выпрямитель.

Полоса пропускаемых усилителем частот лежит в пределах 50—10 000 *гц*, выходная мощность при коэффициенте гармоник не более 1,5% равна 8 *вт*, а входное напряжение низкой частоты, необходимое для получения на выходе усилителя такой мощности, составляет 140 *мв*.

Схема и детали. Принципиальная схема усилителя представлена на фиг. 17. Первый усилительный каскад

с лампой $Л_1$ выполнен по реостатной схеме. На его вх имеется компенсированный регулятор громкости R_1 с к ректирующей цепью из конденсатора C_1 и сопротивления В анодной цепи лампы этого каскада находится регулят тембра верхних частот R_9, а в цепи ее экранной сетки — р гулятор тембра нижних частот R_8.

Регулировка тембра осуществляется путем изменения к эффициента усиления каскада на верхних и нижних част тах полосы пропускания. Усиление на верхних частотах р гулируется за счет изменения параметров цепи C_7R_9, шу



Фиг. 17. Принципиальная схема усилителя с двухтактным выходны каскадом на лучевых тетродах.

тирующей нагрузочное сопротивление R_4. В области нижни частот усиление каскада регулируется изменением парамет ров цепи $C_5C_4R_9R_8$, благодаря чему изменяется переменна составляющая напряжения на экранной сетке лампы, дей ствующего в противофазе с напряжением на ее управляю щей сетке.

Во втором усилительном каскаде, который также собра по реостатной схеме, работает левый (по схеме) трио лампы $Л_2$. Правый триод этой лампы используется в фазо инверсном каскаде, выполненном по автобалансной схе ме, которая обеспечивает устойчивое симметрирование на пряжения, подаваемого на вход двухтактного оконечного каскада.

Выходной каскад усиления работает на лампах $Л_3$ и $Л_4$ С обмотки II выходного трансформатора $Тр$ этого каскада в катодную цепь усилительного триода лампы $Л_2$ через де

нитель $R_{23}C_{16}R_{17}$ подается напряжение отрицательной обратной связи, которая обеспечивает высокие качественные показатели усилителя. Конденсатор C_{16} ослабляет действие этой связи на нижних, а сопротивление R_{14} с конденсатором C_9 — на верхних частотах полосы пропускания, вследствие чего на этих частотах создается необходимый для регулирования тембра запас усиления. Сопротивление R_{18} и конденсатор C_{12} включены между вторым и последним каскадами для устранения возможного возбуждения усилителя на нижних частотах.

Выходной трансформатор *Тр* рассчитан для громкоговорителя *Гр* с сопротивлением звуковой катушки 10 *ом*. Он собран на сердечнике из пластин Ш-26 (окно 13 × 39 *мм*) при толщине пакета 39 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2 × 1 500 витков провода ПЭЛ 0,15, а обмотка *II* — из 105 витков ПЭЛ 1,0.

12. УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО РАДИОПРИЕМНИКА

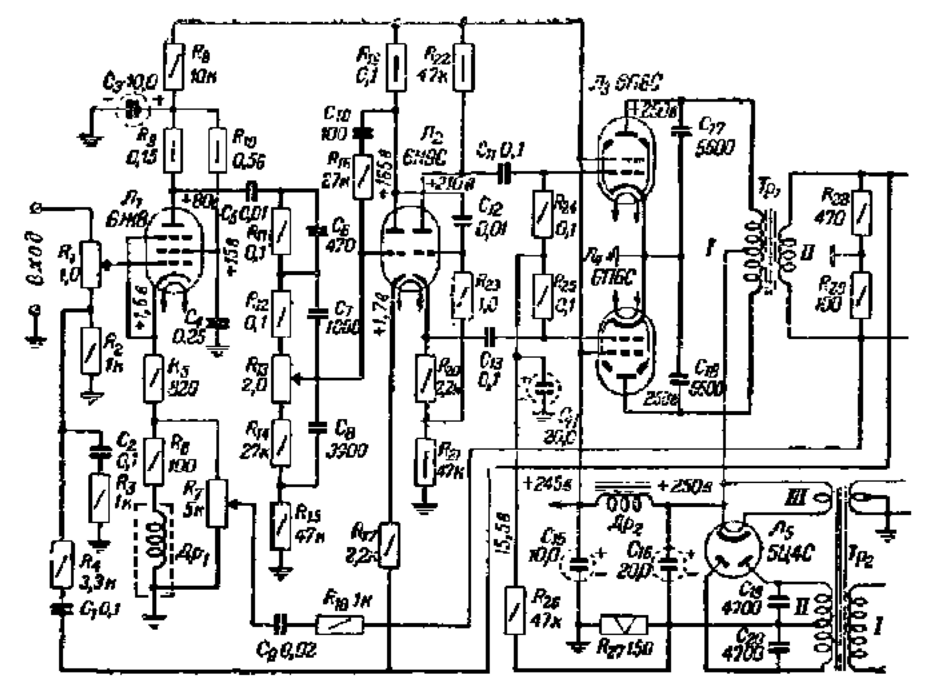
Данный усилитель является низкочастотной частью приемника «Рига-10». Его можно выполнить как составную часть самодельного высококачественного радиоприемника или собрать в виде приставки к имеющемуся приемнику с недостаточно развитой низкочастотной частью. Такой усилитель можно, конечно, использовать и для воспроизведения граммофонных записей, а также для ряда других целей.

Усилитель (вместе с выпрямителем) содержит пять ламп. Он имеет компенсированный регулятор громкости и два регулятора тембра. Выходная мощность усилителя при коэффициенте гармоник не более 2% составляет 8 *вт*. Необходимое для получения такой мощности входное напряжение должно быть порядка 0,2 *в*.

Схема. Принципиальная схема усилителя приведена на фиг. 18. Усилитель состоит из двух предварительных каскадов усиления низкой частоты с пентодом $Л_1$ и левым (по схеме) триодом лампы $Л_2$, фазоинверсного каскада с правым триодом лампы $Л_2$, оконечного двухтактного каскада с лучевыми тетродами $Л_3$ и $Л_4$ и выпрямителя с кенотроном $Л_5$.

Для повышения стабильности работы и улучшения качества воспроизведения в усилителе имеются четыре цепи отрицательной обратной связи.

Одна из этих цепей с сопротивлениями R_{28} и R_{17} соединяет выход усилителя с катодом левого триода лампы $Л_2$.



Фиг. 18. Принципиальная схема усилителя для высококачествен приемника.

Подаваемое при этом с обмотки *II* выходного трансфор тора Tp_1 напряжение обратной связи снижает коэффици гармоник и уменьшает выходное сопротивление усилите а это заметно улучшает качество звуковоспроизведения.

Другая цепь отрицательной обратной связи, состоя из конденсатора C_{10} и сопротивления R_{16}, включена меж анодом и сеткой левого триода лампы $Л_2$. Она способств резкому снижению усиления на частотах, лежащих вы рабочего диапазона, и повышает стабильность работы у лителя.

Остальные две цепи отрицательной обратной св используются в узлах регулировки громкости и тембра.

Первая из них, связывающая выход усилителя с цеп управляющей сетки лампы $Л_1$, обеспечивает при регулир ке громкости компенсацию нижних и верхних звуковых стот. Величина этой связи изменяется в зависимости от ложения движка регулятора громкости R_1. Подъем нижн частот создает конденсатор C_1 с сопротивлением R_4, а подъ верхних частот — конденсатор C_2 с сопротивлением R_3.

Вторая цепь отрицательной обратной связи, охватыв щая участок схемы от выхода усилителя до катода ла пы $Л_1$, используется для регулировки тембра на верх

частотах (1 000—5 000 гц). В эту цепь входят сопротивления R_{29}, R_{18}, R_7, R_6 и R_5, конденсатор C_9 и дроссель $Др_1$. При установке движка регулятора R_7 в верхнее (по схеме) положение получается наиболее узкая полоса, а при перемещении его вниз полоса расширяется.

В схему регулировки тембра на нижних частотах входят сопротивления R_{12}, R_{13}, R_{14} и конденсаторы C_7, C_8. Перемещение движка регулятора R_{13} в ту или другую сторону от его среднего положения вызывает подъем или завал усиления на частоте 60 *гц*.

Выпрямитель собран по обычной двухполупериодной схеме. Выпрямленное кенотроном $Л_5$ и сглаженное фильтром напряжение подается через соответствующие развязки в анодные цепи ламп усилителя. Напряжение на аноды выходных ламп $Л_3$ и $Л_4$ снимается до дросселя фильтра. Такой способ питания при хорошо сбалансированной двухтактной схеме и наличии отрицательной обратной связи не создает заметного уровня фона, но зато благоприятно сказывается на стабильности работы усилителя.

Детали. Корректирующий дроссель $Др_1$ состоит из катушки шириной 15 *мм*, помещенной в стальной экран. Катушка содержит 1 500 витков провода ПЭЛ 0,14—0,15, намотанных на каркасе диаметром 10 *мм*.

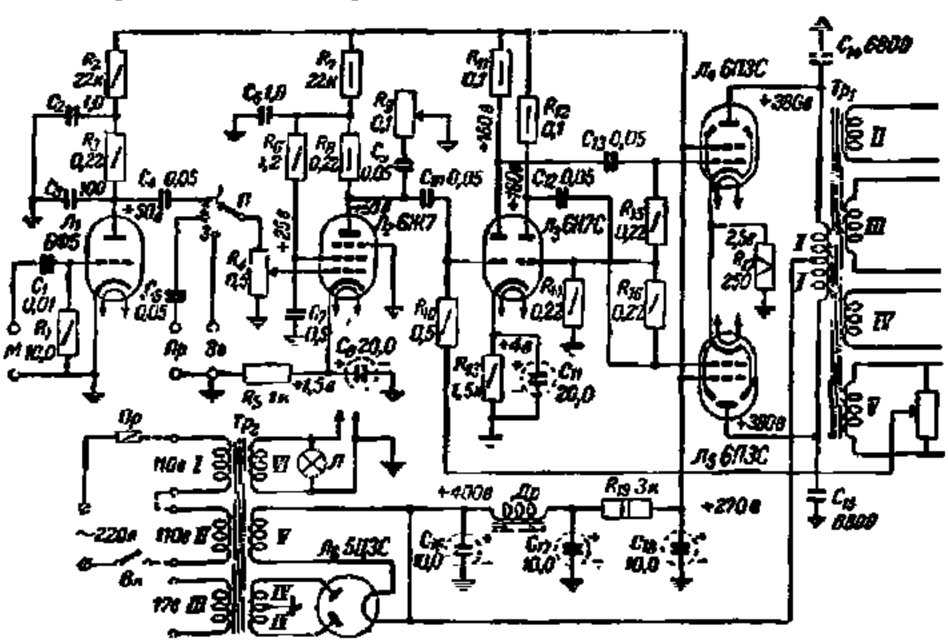
Дроссель фильтра $Др_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 20 *мм* и имеет 3 300 витков провода ПЭЛ 0,2—0,21.

Выходной трансформатор $Тр_1$ имеет сердечник из пластин Ш-20 при толщине пакета 30 *мм*. Омотка *I* состоит из 1 200 + 1 200 витков провода ПЭЛ 0,14—0,15. Она располагается между двумя параллельно включенными половинами обмотки *II* (2 × 96 витков провода ПЭЛ 0,41—0,44), рассчитанной для громкоговорителя с сопротивлением звуковой катушки 12 *ом*.

Силовой трансформатор $Тр_2$ выполнен на сердечнике из пластин Ш-40 при толщине пакета 40 *мм*. Обмотка *I*, рассчитанная на включение в электросеть 110, 127 и 220 *в*, состоит из двух одинаковых секций по 341 + 53 витка провода ПЭЛ 0,44 в каждой. Обмотка *II* содержит 800 + 800 витков провода ПЭЛ 0,25—0,27, обмотка *III* — 16 витков ПЭЛ 1,0—1,2 и обмотка *IV* — 21 виток ПЭЛ 1,5—1,6 с отводом от середины. Между обмотками *I* и *II* имеется экран. Трансформатор рассчитан и на дополнительное питание от него высокочастотной части радиоприемника или микрофонного усилителя.

13. УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО РАДИОУЗЛА

Усилитель рассчитан на нагрузку из двух громкогово телей мощностью по 10 *вт* или 18—25 громкоговорите мощностью по 1 *вт* и может работать от микрофона, п емника и звукоснимателя. Он был разработан в радио боратории Дома пионеров и по его образцу были изгот лены усилители для ряда школьных радиоузлов.



Фиг. 19. Принципиальная схема усилителя для школьного радиоуз

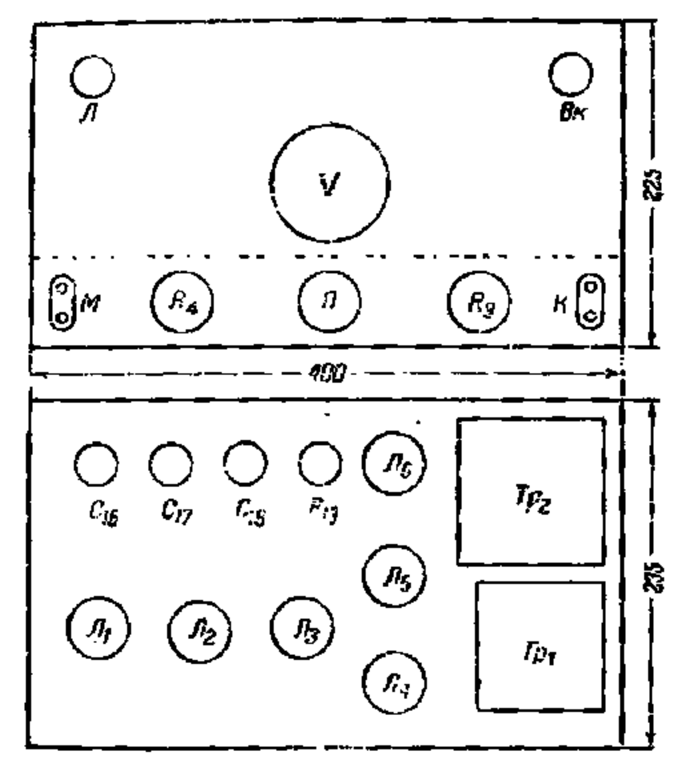
Схема. Принципиальная схема усилителя приведе на фиг. 19. Усилитель содержит три предварительных ка када усиления на лампах $Л_1$, $Л_2$ и левом (по схеме) трио лампы $Л_3$, фазоинверсный каскад на правом триоде лам $Л_3$, двухтактный выходной каскад на лампах $Л_4$ и $Л_5$ и в прямитель с кенотроном $Л_6$.

Для перехода с одного вида работы на другой служ переключатель *П*. При положении *1* этого переключате ведется работа с микрофона *М*, при положении *2* — рабо с приемника *Пр* и при положении *3* — работа со звукоси мателя *Зв*.

В усилителе применена отрицательная обратная свя напряжение которой с обмотки *V* выходного трансформат ра $Тр_1$ подается на сетку левого триода лампы $Л_3$.

Регулятором громкости в усилителе служит потенциометр R_4, а регулятором тембра — переменное сопротивление R_9.

Обмотка *II* (120 *в*) выходного трансформатора $Тр_1$ рассчитана на включение громкоговорителей типа Р-10, обмотка *III* (30 *в*) — на включение комнатных громкоговорителей,



Фиг. 20. Примерное расположение деталей на шасси усилителя для школьного радиоузла.

лей, а также для контроля работы усилителя при помощи магнитоэлектрического вольтметра *V*, включенного через купроксный столбик *B*, обмотка *IV* — на включение контрольного громкоговорителя радиоузла, а обмотка *V* — на подачу через потенциометр R_{18} напряжения отрицательной обратной связи.

К о н с т р у к ц и я и д е т а л и. Все детали усилителя смонтированы на металлическом шасси и на скрепленной с ним металлической лицевой панели, изготовленных из листовой стали или алюминия толщиной 2—3 *мм*. Примерное расположение основных деталей усилителя на шасси и панели показано на фиг. 20.

Выходной трансформатор Tp_1 собран на сердечнике пластин Ш-30 при толщине пакета 40 *мм*. Обмотка *I* стоит из $2 \times 1\,000$ витков и обмотка *II* — из 500 витков п вода ПЭЛ 0,25, а обмотка *III* — из 125 витков, обмо *IV* — из 70 витков и обмотка *V* — из 100 витков ПЭЛ

Силовой трансформатор Tp_2 имеет сердечник из плас Ш-32 при толщине пакета 60 *мм*. Обмотка *I* (на 110 *в*) стоит из 200, обмотка *II* (на 110 *в*) — из 200 и обмотка (на 17 *в*) — из 30 витков провода ПЭЛ 0,8, обмотка *IV* из 2×670 витков ПЭЛ 0,35, обмотка *V* — из 10 вит ПЭЛ 1,4 и обмотка *VI* — из 12 витков ПЭЛ 1,5.

Дроссель сглаживающего фильтра *Др* собран на серд нике из пластин Ш-20 при толщине пакета 20 *мм* с зазор 1 *мм* и содержит 3 400 витков провода ПЭЛ 0,15.

Налаживание. После изготовления усилителя п веряется режим работы его ламп, а затем при помощи тенциометра R_{18} устанавливается нужная величина от цательной обратной связи (на слух, по наилучшему ка ству работы усилителя). Если при введении обратной св усилитель возбуждается (появляется свист), то надо по нять местами концы обмотки *V* выходного трансформа ра Tp_1.

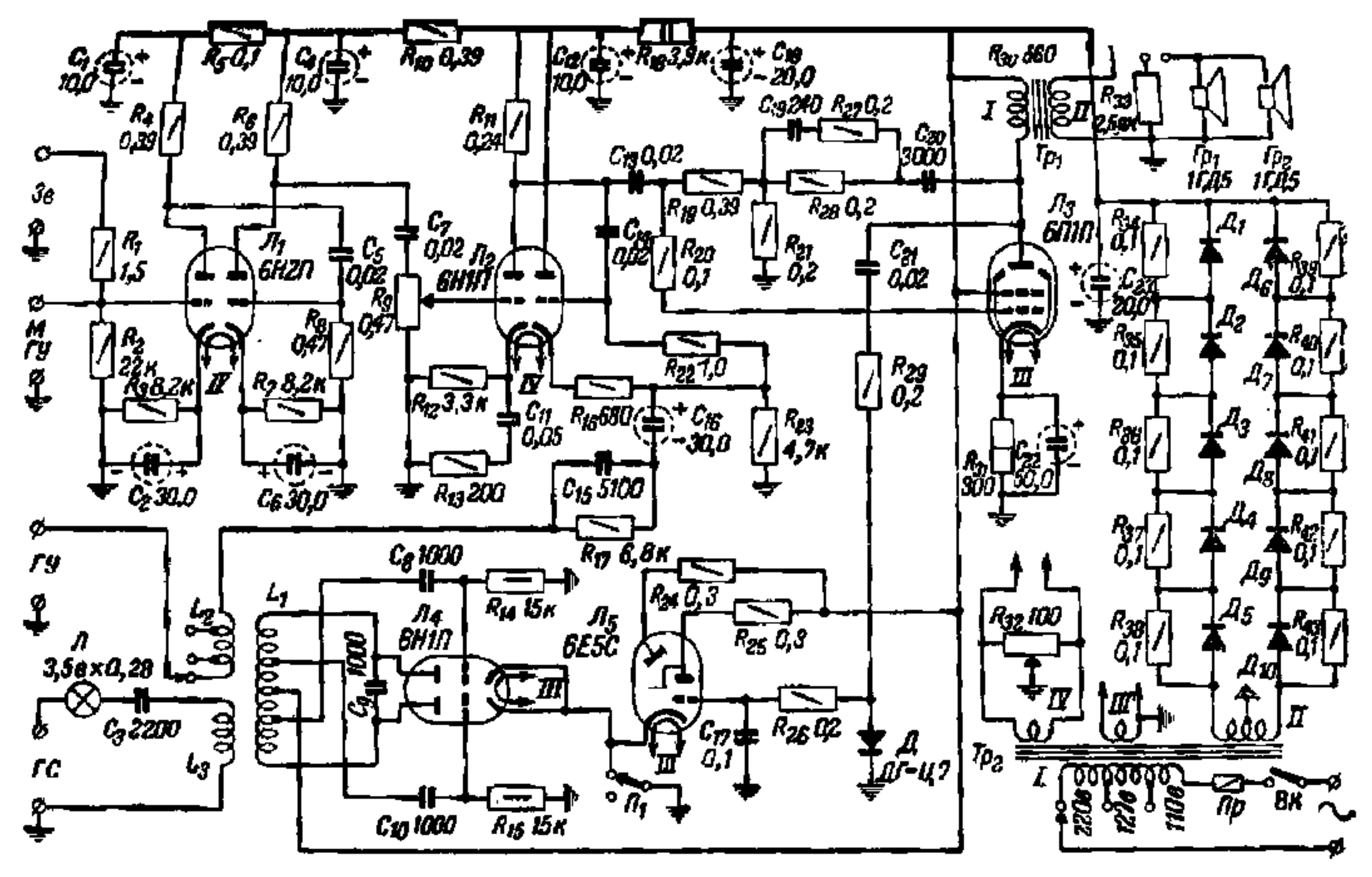
14. УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ МАГНИТОФОНА

Усилитель состоит из трех общих предварительных к кадов усиления и раздельных оконечных каскадов для писи и воспроизведения. Такая схема упрощает коммутац при переходе с записи на воспроизведение и облегчает лаживание усилителя.

В схему усилителя входит также ламповый генера (частота 50 *кгц*) для стирания и подмагничивания лен Контрольным прибором при записи служит оптичес индикатор.

Питается усилитель от сети переменного тока через в прямитель, собранный на полупроводниковых диодах.

Схема. Принципиальная схема усилителя приведе на фиг. 21. Лампа $Л_1$ и левый (по схеме) триод лампы работают в предварительных каскадах усилителя, котор используются как при записи, так и при воспроизведен Эти каскады собраны по реостатной схеме (R_4, R_6 и R с развязывающими фильтрами в анодных цепях ламп (R_5 $R_{10}C_4$ и $R_{18}C_{12}$) и раздельными смещениями на управляющ сетки ламп (R_3, R_7 и R_{12}). Для подъема верхних частот в к каде с левым триодом лампы $Л_2$ применена частотноизби



Фиг. 21. Принципиальная схема усилителя для магнитофона.

тельная отрицательная обратная связь по току ($C_{11}R_{13}$). записи вход усилителя соединяется с микрофоном *М* (через делитель R_1R_2) со звукоснимателем *Зв*, а при произведении — с универсальной головкой *ГУ*. Регу ром усиления служит потенциометр R_9.

Правый триод лампы $Л_2$ используется в оконечном каде для записи. Каскад собран по схеме катодного по рителя. При записи его выход соединяется с универсал головкой *ГУ* через цепь из $C_{16}R_{17}C_{15}$ и катушку L_2, с к рой подается напряжение от генератора.

Лампа $Л_3$ работает в оконечном каскаде для воспрои дения. Для подъема нижних частот в этом каскаде при нена частотноизбирательная отрицательная обратная с по напряжению ($C_{20}R_{26}R_{27}C_{19}R_{21}$). При воспроизведени ход каскада соединяется переключателем $П_2$ с громког рителями $Гр_1$ и $Гр_2$, а при записи от микрофона громк ворители отсоединяются и вместо них подключается на зочное сопротивление R_{33}.

Оптический индикатор $Л_5$ подключен к оконечному каду с лампой $Л_3$. Напряжение звуковой частоты, посту щее из анодной цепи лампы $Л_3$ через цепь $C_{21}R_{29}$, выпр ляется диодом *Д* и подается затем на сетку индикатора.

Генератор для стирания и подмагничивания ленты бран по двухтактной схеме на лампе $Л_4$. Включается (а вместе с ним и оптический индикатор) переключ лем $П_1$ только при записи. Стирающая головка *ГС* подк чена к генератору последовательно с лампочкой *Л*, кото служит индикатором работы генератора.

Выпрямитель для питания анодных цепей ламп вы нен по двухполупериодной схеме на полупроводнико диодах $Д_1 — Д_{10}$ типа ДГ-Ц24. Выпрямленное напряже сглаживается простым фильтром из $C_{23}R_{30}C_{18}$. Для ум шения фона накал ламп $Л_1$ и $Л_2$ производится от отдель обмотки *IV* силового трансформатора $Тр_2$.

Конструкция и детали. Усилитель монтиру на алюминиевом шасси размерами 200×120×50 *мм*. Св ху на шасси помещаются лампы, электролитические кон саторы, выходной трансформатор и катушки генерат в экране. Выпрямитель собирается на другом шасси и единяется с усилителем шестижильным кабелем.

В магнитофоне применены типовая низкоомная стир щая головка и универсальная головка от магнитоф «Днепр-3» (2×500 витков ПЭЛ 0,1).

Катушки генератора намотаны на альсиферовом сердечнике типа СБ-5а. Катушка L_1 состоит из 175 + 45 + 45 + + 175 витков провода ПЭЛ 0,15, катушка L_2 — из 200 + + 100 + 100 витков того же провода и катушка L_3 — из 110 витков провода ПЭЛ 0,41.

Выходной трансформатор Tp_1 собран на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 30 *мм* и зазоре 0,2 *мм*. Обмотка *I* состоит из 3 000 витков провода ПЭЛ 0,15, а обмотка *II* — из 68 витков ПЭЛ 0,8. Можно использовать также готовый выходной трансформатор, рассчитанный на лампу 6П6С и громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки около 5 *ом*.

Силовой трансформатор Tp_2 выполнен на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 60 *мм*. Обмотка *I* состоит из 440 + 70 + 370 витков провода ПЭЛ 0,41, обмотка *II* — из 2 × 1 250 витков ПЭЛ 0,15, обмотка *III* — из 29 витков ПЭЛ 0,8 и обмотка *IV* — из 28 витков ПЭЛ 0,6.

Налаживание. Сначала проверяется режим питания ламп усилителя, а затем усилитель испытывается на работе. Движок потенциометра R_{32} при этом ставится в положение, соответствующее минимальному уровню фона на выходе усилителя.

Естественность звучания устанавливается на слух, путем регулировки корректирующих цепей усилителя. Регулировка на верхних частотах производится подбором емкости конденсатора C_{11} и сопротивления R_{19}, а регулировка нижних частот — подбором емкости конденсатора C_{20}.

Нормальному уровню напряжения звуковой частоты при записи соответствует узкий затемненный сектор на экране лампы $Л_5$. Необходимая величина тока подмагничивания ленты устанавливается подключением различных отводов катушки L_2. Стирающая головка путем подбора емкости конденсатора C_3 настраивается в резонанс с частотой тока генератора. При резонансе лампочка *Л* светится с наибольшей яркостью.

15. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Усилитель содержит пять ламп (6Ф5, 6Ж7, 6Н8С и две 6П6С) и питается от электросети переменного тока через выпрямитель с кенотроном 5Ц4С. Полоса пропускания усилителя составляет 50—10 000 *гц*, а его выходная мощность при коэффициенте нелинейных искажений 2% равна 12 *вт*. Регуляторы тембра обеспечивают коррекцию нижних (в пределах ±12 *дб*) и верхних (до +5 *дб*) звуковых частот.

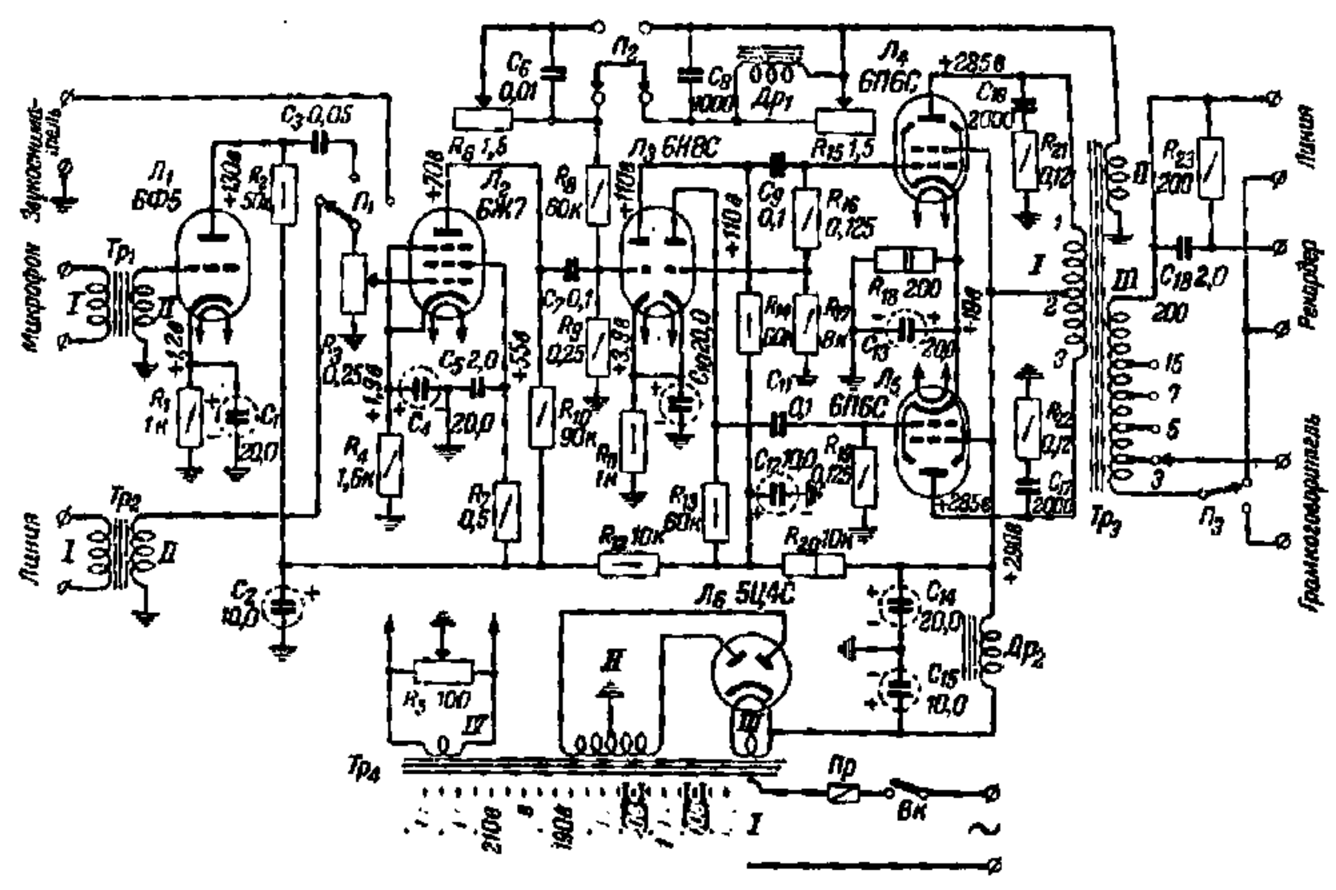
Уровень шумов на выходе усилителя по отношению ма ксимальному выходному уровню составляет —50 *дб*. М ность, потребляемая от электросети, равна 100 *вт*.

Этот усилитель можно использовать для неболь трансляционного узла в клубе или школе, усиления р и музыкальных передач в большом зале, применить в установках звукозаписи или в качестве модулятора л тельского коротковолнового передатчика.

Схема. Усилитель имеет четыре каскада усил (фиг. 22). Первый каскад с лампой $Л_1$ используется то при работе от микрофона или от звуковоспроизводя головки магнитофона. Напряжение от звукоснимателя с линии подается на вход второго каскада с лампой $Л_2$. ременное сопротивление здесь служит регулятором г кости. Переход на тот или иной вид работы осуществля переключателем $П_1$. В третьем каскаде усиления исполь ся левый (по схеме) триод лампы $Л_3$. Напряжение зв вой частоты из анодной цепи этого триода подается управляющую сетку выходной лампы $Л_4$, а часть его с лителя $R_{16}R_{17}$ подводится к правому диоду лампы $Л_3$, ливается им до нужного значения и подается в обрат фазе на управляющую сетку выходной лампы $Л_5$. Чет тый выходной каскад с лампами $Л_4$ и $Л_5$ работает по дв тактной схеме. Для устойчивой работы ламп выход каскада в их анодные цепи включены через конденсат C_{16} и C_{17} сопротивления R_{21} и R_{22}.

С обмотки *II* выходного трансформатора $Тр_3$ на н третьего каскада усиления подается напряжение часто зависимой отрицательной обратной связи. Переменные противления R_6 и R_{15} в цепи обратной связи служат соот ственно для регулировки нижних и верхних звуко частот. Переключатель $П_2$ предназначен для перевода ус теля с режима записи на режим воспроизведения. При писи в цепь обратной связи включается контур, состоя из дросселя $Др_1$ и конденсатора C_8, а при воспроизв нии — конденсатор C_6.

Обмотка *III* выходного трансформатора $Тр_3$ сдел с отводами и рассчитана на подключение нагрузки в 3, 15 или 200 *ом*. Линия (в случае применения усилителя трансляции) или рекордер (при работе усилителя в ус новках записи на диск) подключаются к выходу, рассчит ному на нагрузку в 200 *ом* (вся обмотка). Сопротивле R_{23} и конденсатор C_{18} ослабляют усиление в области н них звуковых частот, что необходимо для режима запи



Фиг. 22. Принципиальная схема универсального усилителя.

Звукозаписывающая головка магнитофона подключае к отводам обмотки на 7 или 15 *ом*. Последователь с обмоткой головки при этом включается генератор то подмагничивания. Отводы на 3, 5, 7 и 15 *ом* служат д подключения различных громкоговорителей.

Выпрямитель с кенотроном $Л_6$ собран по двухполу риодной схеме. Для уменьшения фона в цепь накала ла введена искусственная средняя точка с сопротивления Движок этого сопротивления устанавливают при регулиро ке усилителя на минимальный уровень фона.

Конструкция и детали. Усилитель и выпрям тель лучше собрать на отдельных стальных или алюмини вых шасси и располагать их во время работы на рассто нии 1—1,5 *м* друг от друга. В этом случае для усилите нужно изготовить шасси размерами 300 × 200 × 60 *мм*. Усилитель без первого (микрофонного) каскада усилен можно собрать вместе с выпрямителем на общем шас размерами 400 × 320 × 60 *мм*. Внешнее оформление усил теля рекомендуется выполнить в виде переносного металл ческого или деревянного ящика.

Микрофонный трансформатор $Тр_1$ имеет сердечник и пермаллоевых пластин Ш-12 при толщине пакета 15 *мм* Каркас трансформатора разделен тремя перегородкам (щечками) на четыре секции. Обмотка *II* (4 × 2 160 витко провода ПЭЛ 0,05) расположена над обмоткой *I* (4 × 18 витков провода ПЭЛ 0,2). Витки обмоток размещаются рав номерно во всех секциях каркаса. Между обмотками поме щен электростатический экран (слой изолированного про вода или незамкнутой фольги). Смонтированный трансфор матор должен быть закрыт цилиндрическим экраном и пермаллоя, поверх которого надевается еще такой же экран из меди.

Линейный трансформатор $Тр_2$ выполнен на сердечнике и стальных пластин Ш-19 при толщине пакета 20 *мм*. Обмот ка *I* содержит 1 600 витков провода ПЭЛ 0,2, а обмотк *II* — 400 витков ПЭЛ 0,1.

Выходной трансформатор $Тр_3$ собран на сердечнике из пластин Ш-25 при толщине пакета 35 *мм*. Каркас для обмо ток разделен посередине щечкой с прорезью для проход провода. Обмотка *I* состоит из 4 000 витков провода ПЭЛ 0,2—0,22 с отводом от середины, обмотка *II* — из 78 витков ПЭЛ 0,1—0,2 и обмотка *III* — из 172 витков ПЭЛ 1,0 и 453 витков ПЭЛ 0,5 (всего 625 витков) с отводами от 77-го, 100-го, 123-го и 172-го витков. Расположение обмоток на

каркасе и схема их соединения показаны на фиг. 23. Сначала в одной половине каркаса наматывают 1 000 витков обмотки *I*, а затем каркас переворачивают и в том же направлении, в другой его половине, наматывают еще 1 000 витков этой обмотки. Далее, не переворачивая каркаса, наматывают обмотку *II* (по 39 витков в каждой секции), а поверх нее вторую половину обмотки *I* (так же как и первую). Обмотка *III* помещается сверху и располагается равномерно по всем секциям. Провода всех обмоток трансформатора нужно укладывать плотно виток к витку, изолируя каждый слой обмотки парафинированной бумагой.



Фиг. 23. Расположение обмоток на каркасе выходного трансформатора и схема их соединения.

Силовой трансформатор $Тр_4$ выполнен на сердечнике из пластин Ш-25 при толщине пакета 60 *мм*. Сетевая обмотка *I* состоит из 270 + 30 + 30 + 30 + 30 + 180 + 30 + 30 + + 30 + 30 (всего 690) витков провода ПЭЛ 0,55 — 0,6, обмотка *II* — из 2 × 950 витков ПЭЛ 0,2—0,22, обмотка *III* — из 16 витков ПЭЛ 0,95—1,0 и обмотка *IV* — из 20 витков ПЭЛ 1,0.

Дроссель $Др_1$ (0,45—0,5 *гн*) собран на сердечнике из пермаллоевых пластин Ш-12 при толщине пакета 16 *мм*. Его обмотка содержит 1 070 витков провода ПЭЛ 0,2. Сердечник для этого дросселя можно составить и из пластин трансформаторной стали.

Дроссель $Др_2$ имеет сердечник из пластин трансформаторной стали Ш-25 при толщине пакета 35 *мм* с зазором 0,8—1 *мм* и обмотку из 4 500 витков провода ПЭЛ 0,3—0,35.

Лампу 6Ф5 можно заменить лампой 6Ж7, включив ее как триод (соединив вторую и третью сетки с анодом).

16. ДВАДЦАТИПЯТИВАТТНЫЙ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Усилитель предназначен для высококачественного воспроизведения радиопередач (после приемника), граммофонной записи (непосредственно от звукоснимателя), а также магнитной записи (после предварительного усиления). Низкочастотное напряжение 0,12 *в* на входе усилителя позво-

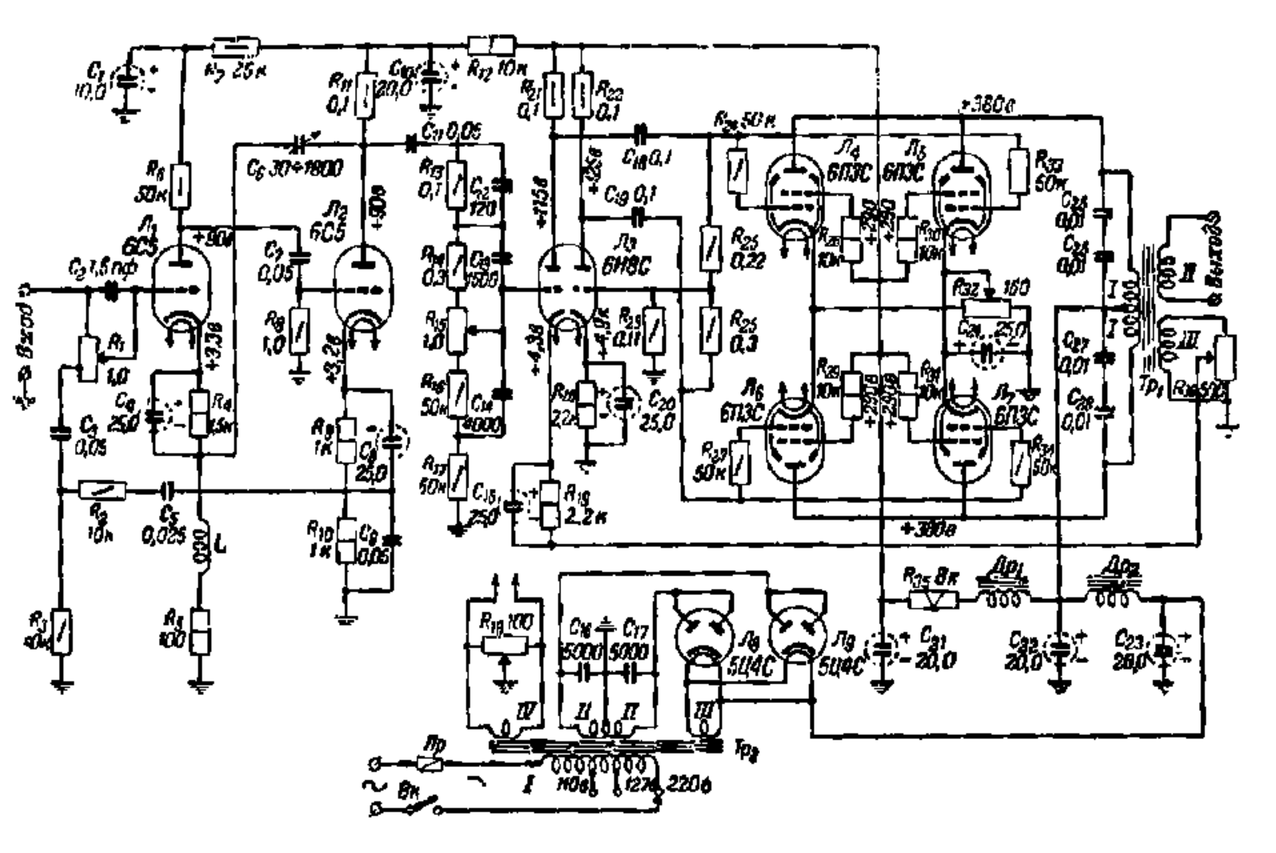
ляет получить выходную мощность 25 *вт* при коэффици гармоник не более 1,5%. Полоса пропускаемых частот ставляет 30—10 000 *гц* при неравномерности усиления более ± 1 *дб*. В усилителе имеются компенсированный а лятор громкости и два регулятора тембра. Он питается сети переменного тока через выпрямитель. Мощность, требляемая от электросети, составляет 170 *вт*.

Схема. Принципиальная схема усилителя приве па фиг. 24. Усилитель содержит три предварительных када с лампами $Л_1$, $Л_2$ и левым (по схеме) триодом пы $Л_3$, фазоинверсный каскад с правым триодом ла $Л_3$, оконечный двухтактный каскад с лампами $Л_4$, $Л_6$, $Л_7$ и выпрямитель с кенотронами $Л_8$ и $Л_9$.

Три предварительных каскада усиления выполнен реостатной схеме. На входе первого каскада имеется пенсированный регулятор громкости R_1, который одно менно с изменением уровня громкости изменяет соот ственно и форму частотной характеристики усилителя. обходимое для этого уменьшение усиления на средних стотах достигается при помощи цепи C_3R_3, шунтирую часть потенциометра R_1, а подъем на верхних частотах дается цепью частотнозависимой отрицательной обра связи $R_{10}C_5R_2R_3$ и конденсатором C_2. Между первым и рым каскадами включена цепь отрицательной обра связи C_8LR_5, конденсатор переменной емкости C_6 кот служит регулятором тембра верхних частот. Второй и тий каскады связаны через реостатно-емкостной дели состоящий из сопротивлений R_{13}, R_{14}, R_{15}, R_{16}, R_{17} и кон саторов C_{12}, C_{13}, C_{14}. Переменное сопротивление R_{15} делителя служит регулятором тембра нижних частот перемещении движка сопротивления R_{16} вверх (по сх от среднего положения усиление на нижних частотах в стает, а при движении вниз — падает.

Фазоинверсный каскад, в котором используется ле вый (по схеме) триод лампы $Л_3$, выполнен по автоба ной схеме. Напряжение низкой частоты на сетку этого да подается с сопротивления R_{23}, на котором оно созд разностным током триодов лампы $Л_3$. Для получения венства подаваемых на оконечный двухтактный каскад ременных напряжений сопротивление R_{26} должно быть больше сопротивления R_{25}.

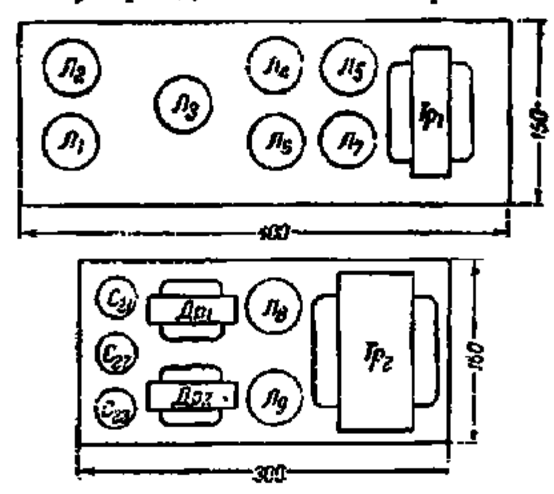
В каждом плече оконечного каскада работает по 2 параллельно соединенных лучевых тетрода 6П3С. Для вышения устойчивости работы усилителя в цепи управ



Фиг. 24. Принципиальная схема двадцатипятиваттного высококачественного усилителя.

щих сеток этих ламп включены сопротивления R_{24}, R_{27}, и R_{34}. Напряжение смещения на управляющие сетки ла подается с сопротивления R_{32}, которое для подгонки реж ма сделано переменным. С выхода усилителя на кат левого (по схеме) усилительного триода лампы $Л_3$ подает напряжение отрицательной обратной связи. Потенциоме R_{36}, с которого снимается это напряжение, позволяет п налаживании усилителя регулировать величину обратн связи.

Выпрямитель с двумя кенотронамк 5Ц4С собран обычной двухполупериодной схеме. Сопротивление R_{35} в



Фиг. 25. Примерное расположение деталей на шасси усилителя и выпрямителя.

ии сглаживающего фильтра понижает выпрямленное н пряжение для питания анодных цепей первых трех ла усилителя и цепей экранных сеток оконечных ламп. Поте циометр R_{18} в цепи накала ламп служит для уменьшен фона переменкого тока. Его движок устанавливают при р гулировке усилителя на минимальный уровень фона.

Конструкция и детали. Усилитель и выпрям тель для него монтируются на отдельных металлическ шасси. Размеры шасси и примерное расположение на н деталей усилителя показаны на фиг. 25.

Переменное сопротивление R_1 для регулятора громкос берется с отводом от точки 0,2 *Мом* (на схеме считая сн зу). Потенциометры R_{18} и R_{32} (проволочные) должны бы рассчитаны на мощность порядка 5 *вт*. Они и потенциомет R_{36} имеют короткие ручки со шлицами под отвертку, т как регулируются только при налаживании усилителя. В

постоянные сопротивления могут иметь отклонение в $\pm 10\%$ от величин, указанных на схеме.

Конденсатор переменной емкости C_6 (с твердым диэлектриком) для регулировки тембра верхних частот можно заменить набором постоянных конденсаторов в 30, 50, 100, 200, 300, 400, 600, 1 000 и 1 800 *пф*, включая их в схему при помощи переключателя. Конденсаторы C_{25}, C_{26}, C_{27} и C_{28} должны быть рассчитаны на рабочее напряжение 500 *в*.

Катушка L индуктивностью 20 *мгн* имеет обмотку «универсаль». Ее нужно поместить в экран, изготовленный из листовой стали толщиной 2—3 *мм*. Монтажные выводы этой катушки должны быть возможно более короткими и экранированными.

Выходной трансформатор Tp_1 собран на сердечнике из пластин Ш-30 (окно 51×17 *мм*) при толщине пакета 40 *мм*. Обмотка *I* состоит из $2 \times 1\,000$ витков провода ПЭЛ 0,26—0,28, обмотка *II* — из 4×40 витков ПЭЛ 0,9—1,0 и обмотка *III* — из 50 витков ПЭЛ 0,26—0,28. Сначала наматывают два слоя обмотки *II* с выводами от каждого слоя, затем первую половину обмотки *I*, далее обмотку *III*, все витки которой равномерно распределяют в одном слое, и, наконец, вторую половину обмотки *I*, а на нее еще два слоя обмотки *II* с отдельными выводами. Первый (нижний) слой обмотки *II* надо соединить последовательно с третьим слоем этой обмотки, а второй — с четвертым (верхним) слоем. Полученные при этом две части обмотки *II* включаются параллельно при нагрузке 2,5 *ом* или последовательно при нагрузке 10 *ом*.

Силовой трансформатор Tp_2 выполнен на сердечнике из пластин Ш-40 (окно 60×20 *мм*) при толщине пакета 65 *мм*. Обмотка *I* состоит из $200 + 31 + 169$ витков провода ПЭЛ 0,8 + ПЭЛ 0,8 + ПЭЛ 0,6, обмотка *II* — из 2×629 витков ПЭЛ 0,3, обмотка *III* — из 10 витков ПЭЛ 1,5 и обмотка *IV* — из 12 витков ПЭЛ 1,4. Сначала наматывается обмотка *I*, поверх которой помещают электростатический экран из фольги или слоя провода, а затем наматывают обмотку *II* и поверх нее обмотки *III* и *IV*.

Дроссель $Дp_1$ собирается на сердечнике из пластин Ш-20 (окно 30×10 *мм*) при толщине пакета 20 *мм* и зазоре 0,03—0,06 *мм*. Обмотка дросселя состоит из 5 850 витков провода ПЭЛ 0,15 (сопротивление постоянному току 800 *ом*).

Дроссель $Дp_2$ выполняется на таком же сердечнике, но при зазоре 0,1—0,15 *мм*. Его обмотка содержит 1 400 вит-

ков провода ПЭЛ 0,3 (сопротивление постоянному току 46 *ом*).

Налаживание. Если усилитель изготовлен точно по описанию, то налаживание его сводится к проверке режимов питания и к определению на слух качества звучания при различных нагрузках и разных положениях регуляторов громкости и тембра.

Проверку работы усилителя начинают при крайнем нижнем (по схеме) положения движка потенциометра R_{36}. Перемещая движок вверх, устанавливают такую глубину отрицательной обратной связи, при которой напряжение на выходе усилителя уменьшается в 5—7 раз (при нормальной нагрузке и постоянном входном напряжении 20—30 *мв*. Затем все детали, влияющие на величину усиления, регулируют так, чтобы при входном напряжении 120 *мв* выходное напряжение соответствовало номинальной выходной мощности 25 *вт* (при нагрузке 2,5 *ом* было бы 8 *в*, а при нагрузке 10 *ом* равнялось бы 16 *в*). Регулятор громкости R при этом ставится в крайнее верхнее (по схеме) положение.

Если при введении обратной связи усилитель будет возбуждаться, то нужно поменять местами концы обмотки *II* у трансформатора $Тр_1$ и, возможно, подобрать сопротивления R_{24}, R_{27}, R_{33}, R_{34} и конденсаторы C_{26}, C_{25}, C_{27}, C_{28}.

17. ДВУХКАНАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Усилитель предназначен для высококачественного воспроизведения граммофонной записи, а также для усиления принятых на радиоприемник передач местных радиовещательных станций. Особенностью его схемы являются раздельное усиление и воспроизведение нижних и верхних звуковых частот. Благодаря этому значительно повышается качество звуковоспроизведения.

Двухканальный усилитель содержит лампы 6Н9С (предварительный каскад усиления при воспроизведении граммофонной записи и первый каскад усиления канала верхних частот), 6Н8С (два общих каскада усиления), 6П6С (выходной каскад усиления канала верхних частот), 6Н8С (первый каскад усиления канала нижних частот и фазоинверсный каскад) и две 6С4С (выходной двухтактный каскад усиления канала нижних частот). Питается усилитель от электросети переменного тока через двухполупериодный выпрямитель с селеновыми столбиками.

Этот усилитель пропускает полосу частот от 40 до 16 000 *гц*. Неравномерность частотной характеристики

в этой полосе по напряжению составляет ± 1 *дб*. Суммарная мощность на частоте раздела отличается от мощности на средней частоте каждого канала не более чем на 0,5 *дб*. Выходная мощность канала нижних частот усилителя составляет 6 *вт* при коэффициенте гармоник 1%, а канала верхних частот — 4 *вт* при коэффициенте гармоник 1,5%. Чувствительность со входа «Радиоприемник» равна 150 *мв*, а со входа «Звукосниматель» — 30 *мв*. Пределы регулировки тембра регулятора нижних частот составляют 28 *дб* на частоте 50 *гц* и 2 *дб* на частоте 1 000 *гц*, а регулятора верхних частот 26 *дб* на частоте 10 000 *гц* и 2 *дб* на частоте 1 000 *гц*.

Схема. Принципиальная схема усилителя показана на фиг. 26.

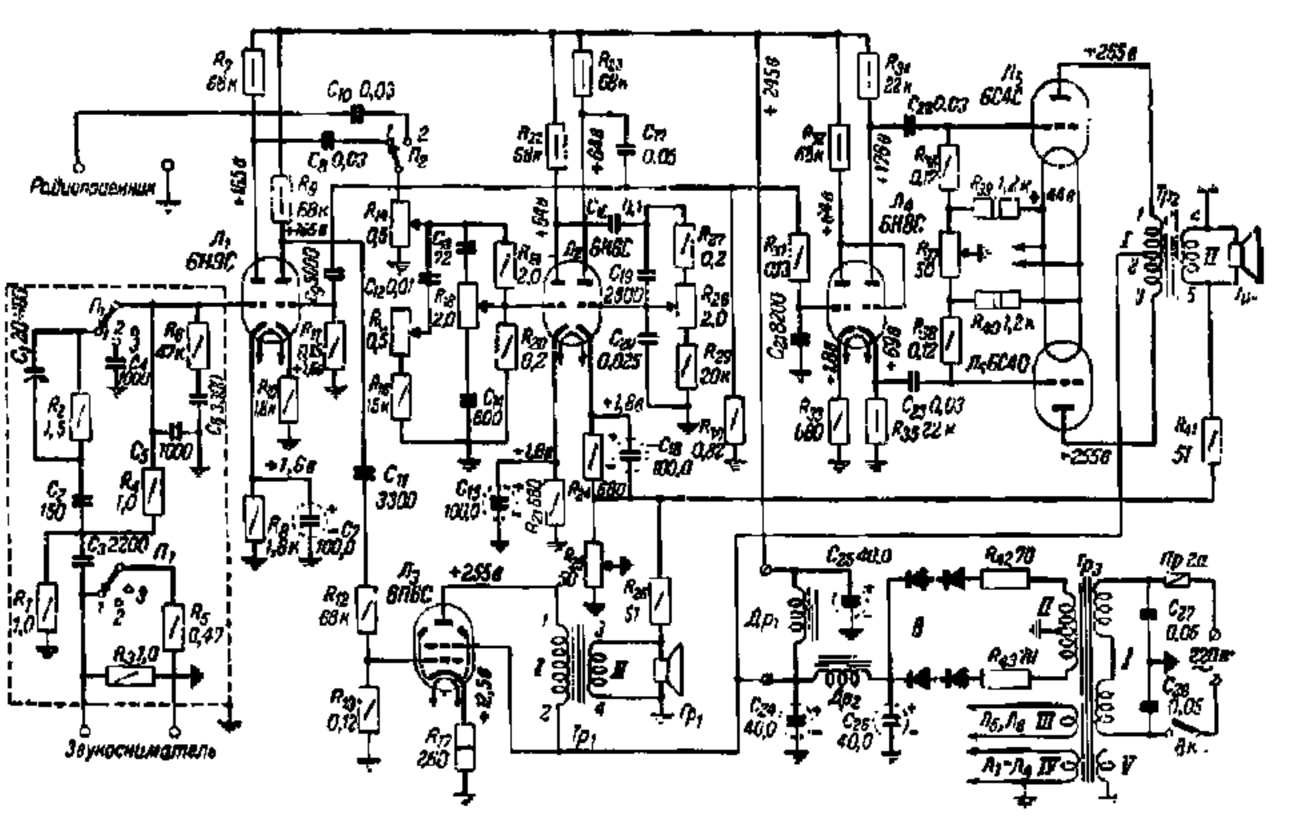
При работе от радиоприемника напряжение низкой частоты поступает на управляющую сетку левого (по схеме) триода лампы $Л_2$, а при воспроизведении граммофонной записи от электромагнитного звукоснимателя с трансформатором подключается дополнительный каскад усиления с левым (по схеме) триодом лампы $Л_1$. Переход с одного рода работы на другой производится при помощи переключателя $П_2$.

Необходимость в дополнительном каскаде усиления вызвана тем, что для высококачественного воспроизведения граммофонной записи от электромагнитного звукоснимателя нужен корректирующий фильтр. При этом напряжение низкой частоты на выходе фильтра становится недостаточным для получения номинальной выходной мощности без дополнительного каскада усиления. Корректирующий фильтр состоит из сопротивлений $R_1 - R_6$ и конденсаторов $C_1 - C_6$.

В усилителе применен компенсированный регулятор громкости из механически спаренных переменных сопротивлений R_{14} и R_{15}. После регулятора громкости включен регулятор верхних частот, состоящий из конденсаторов C_{13} и C_{14} и сопротивлений R_{18} (переменное), R_{19} и R_{20}. Регулятор нижних частот, состоящий из конденсаторов C_{19} и C_{20} и сопротивлений R_{27}, R_{28} (переменное) и R_{29}, включен в анодную цепь левого триода лампы $Л_2$.

Разделение звуковых частот происходит в анодной цепи правого триода лампы $Л_2$.

В канале усиления верхних частот работают правый триод лампы $Л_1$ и лучевой тетрод $Л_3$. Небольшая емкость переходных конденсаторов C_9 и C_{11} препятствует прохождению через этот усилитель нижних звуковых частот.



Фиг. 26. Принципиальная схема двухканального усилителя.

Усилитель канала нижних частот работает на лампах $Л_4$ (левый триод — первый каскад усиления, правый триод — фазоинверсный каскад) и $Л_5Л_6$ (выходной каскад по двухтактной схеме). Фильтр из сопротивления R_{31} и конденсатора C_{21} на входе этого усилителя ослабляет верхние звуковые частоты.

Напряжение отрицательной обратной связи усилителей с их выходов подается в цепь катода правой (по схеме) части лампы $Л_2$. Так как фазы этих напряжений различны, весь усилитель управляется фазой того канала, который для данной частоты дает большее усиление. Благодаря этому обеспечивается разделение частот с крутыми скатами частотных характеристик в области раздела.

Выпрямитель *В*, соединенный с электросетью переменного тока через силовой трансформатор $Тр_3$, служит для питания всех ламп усилителя. Выпрямленное двумя селеновыми столбиками напряжение сглаживается двухзвенным фильтром, состоящим из дросселей $Др_1$ и $Др_2$ и конденсаторов C_{24}, C_{25} и C_{26}. Накал ламп $Л_1$, $Л_2$, $Л_3$, $Л_4$ и ламп $Л_5$, $Л_5$ производится от двух отдельных обмоток силового трансформатора.

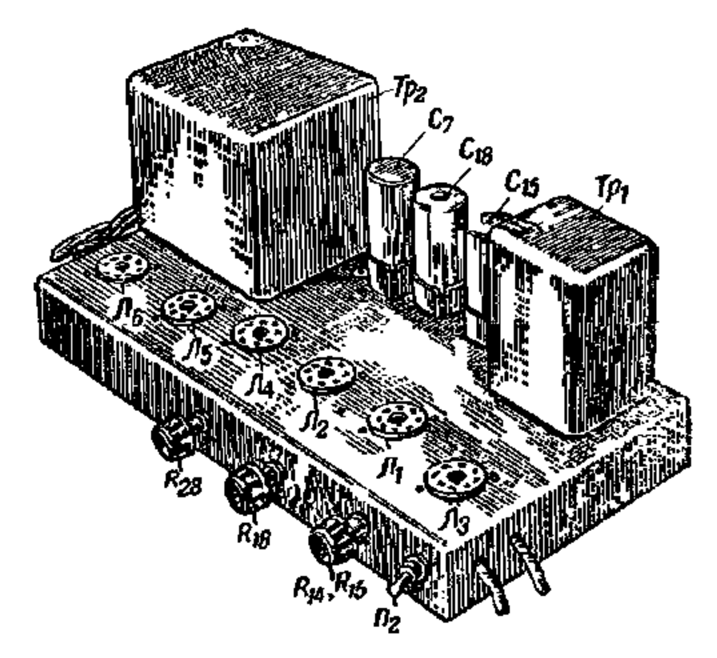
Монтаж и детали. Усилитель (без выпрямителя и корректирующего фильтра) собран на шасси размерами 310 × 160 × 40 *мм*, сделанном из листовой стали толщиной 1 *мм*. Общий вид собранного усилителя показан на фиг. 27.

Монтаж усилителя должен быть выполнен по возможности прямыми короткими проводами. Постоянные сопротивления и конденсаторы рекомендуется монтировать на специальной изоляционной планке с приклепанными к ней контактными лепестками и разместить эти детали так, чтобы они находились возможно ближе к лампам, к которым должны быть подключены.

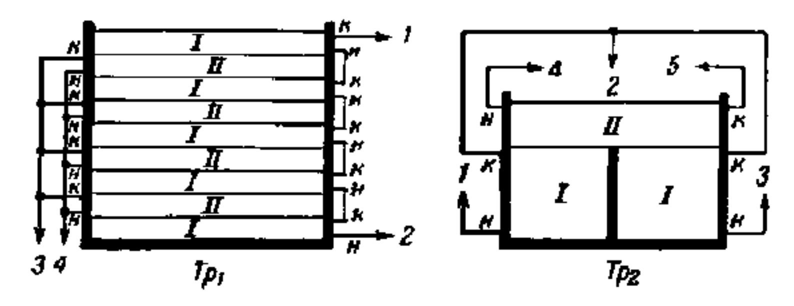
Корректирующий фильтр собирается отдельно и помещается около звукоснимателя. Его детали заключены в экран размерами 60 × 60 × 40 *мм*, изготовленный из белой жести. Этот фильтр соединяется с усилителем отрезком высокочастотного коаксиального кабеля марки РК-1 длиной не более 1 *м*.

Выпрямитель тоже собирается на отдельном шасси.

Выходной трансформатор усилителя верхних частот $Тр_1$ (фиг. 28) имеет сердечник из пластин ХВПШ-15 с окном 13 × 40 *мм*, набранных в пакет толщиной 15 *мм*. Сердечник собран встык с прокладкой из кабельной бумаги толщиной 0,1 *мм*. Обмотка *I* этого трансформатора состоит из



Фиг. 27. Общий вид собранного двухканального усилителя.



Фиг. 28. Расположение обмоток на каркасах выходных трансформаторов двухканального усилителя.

600 витков провода ПЭЛ 0,31 (пять секций по 120 витков в секции), а обмотка *II* — из 22 витков провода ПЭЛ 0,64 (четыре секции по 22 витка в секции). Секции обмотки *I* соединены последовательно, а обмотки *II* — параллельно. Обмотка *II* рассчитана на громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки 2 *ом*.

Выходной трансформатор усилителя нижних частот Tp_2 (фиг. 28) имеет сердечник без зазора из пластин ХВПШ-20 с окном 17 × 55 *мм*, набранных в пакет толщиной 30 *мм*. Обмотка *I* этого трансформатора состоит из двух секций по 1 200 витков провода ПЭЛ 0,38, намотанных в противоположных направлениях. Обмотка *II*, рассчитанная на громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки 2 *ом*, содержит 46 витков провода ПЭЛ 1,1.

При намотке выходных трансформаторов витки провода надо укладывать ровными рядами. Вместо стали ХВП для сердечников можно применять трансформаторную сталь марки ХТ или ВП. После сборки трансформаторы рекомендуется пропитать в горячем парафине или церезине. Кроме того, для предохранения от механических повреждений трансформаторы следует заключить в металлические кожухи.

Силовой трансформатор Tp_3 собран на сердечнике из пластин Ш-40 при толщине пакета 60 *мм*. Обмотка *I* состоит из 264 + 264 витков провода ПЭЛ 0,64, а обмотка *II* — из 700+700 витков провода ПЭЛ 0,35. Обмотки *III* и *IV* содержат по 16 витков провода ПЭЛ 1,1, а обмотка V (экранная) состоит из одного слоя провода ПЭЛ 0,35. Этот трансформатор выполнен с некоторым запасом по мощности для того, чтобы от выпрямителя одновременно с усилителем можно было питать многоламповый радиоприемник.

Дроссель фильтра $Др_1$ выполнен на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 20 *мм* с зазором 0,05 *мм* и обмоткой из провода ПЭЛ 0,15, намотанного до заполнения каркаса.

Дроссель $Др_2$ с обмоткой из провода ПЭЛ 0,35 (до заполнения каркаса) имеет сердечник из пластин Ш-26 при толщине пакета 26 *мм* с зазором в 0,2 *мм*.

Два селеновых столбика выпрямителя *В* содержат по 20 шайб диаметром 45 *мм*.

Регулировка и налаживание. Усилитель можно хорошо отрегулировать и наладить только при нали-

чии звукового генератора и ламповых вольтметров постоянного и переменного тока.

Сначала проверяют режим работы ламп усилителя. Напряжения на электродах ламп измеряются при отключенных цепях отрицательной обратной связи (R_{26} и R_{41}) и замкнутых накоротко входах усилителя («Звукосниматель» и «Радиоприемник»). Указанные на принципиальной схеме усилителя напряжения измерены ламповым вольтметром постоянного тока с входным сопротивлением 12 *Мом*. Из-за разброса величин отдельных сопротивлений и ламп измеренные напряжения могут несколько отличаться от указанных на схеме.

Затем производят статическую балансировку выходного каскада канала нижних частот. Для этого параллельно обмотке *I* трансформатора $Тр_2$ включают высокоомный вольтметр постоянного тока чувствительностью не ниже 3 *в* на всю шкалу и движок переменного сопротивления R_{37} устанавливают в такое положение, при котором напряжение между анодами ламп $Л_5$ и $Л_6$ равно нулю. Если даже при крайних положениях движка этого сопротивления каскад не сбалансируется, то надо сменить одну из ламп 6С4С. Балансировку необходимо повторять после каждой смены ламп, а также после 150—200 час. работы усилителя.

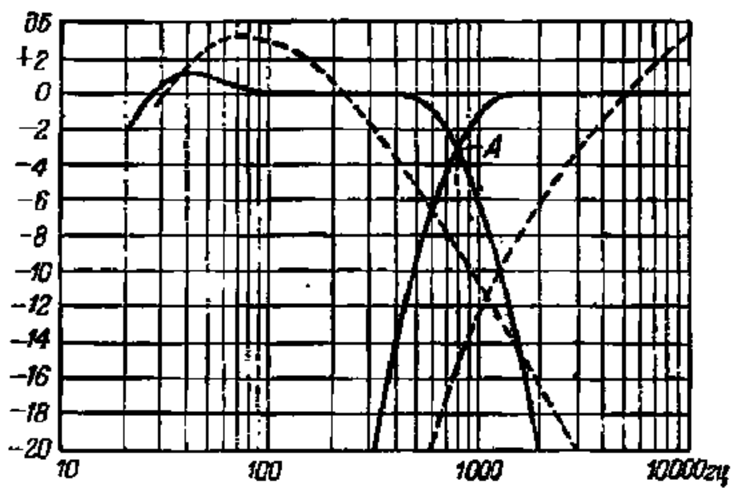
После этого проверяют работу усилителя.

Сначала при подключенных громкоговорителях и отключенных цепях отрицательной обратной связи, подавая от звукового генератора неизменное напряжение низкой частоты не более 2 *в*, снимают частотные характеристики канала нижних и верхних частот. Они должны быть подобны частотным характеристикам, изображенным штриховыми линиями на фиг. 29.

Потом, установив величину сопротивления R_{25} равной 7 *ом*, подключив к громкоговорителю $Гр_2$ ламповый вольтметр переменного тока и подавая от звукового генератора минимальное напряжение, включают в схему цепь отрицательной обратной связи с сопротивлением R_{41}. Если напряжение отрицательной обратной связи подается в нужной фазе, то фон на выходе усилителя нижних частот после этого уменьшается в несколько раз. Таким же образом, подключив к громкоговорителю $Гр_1$ ламповый вольтметр и включив в схему цепь отрицательной обратной связи с сопротивлением R_{26}, проверяется усилитель верхних частот.

Убедившись в исправной работе каналов усилителя, надо подобрать окончательно величину сопротивления R_{25},

определяющего глубину отрицательной обратной связи. Для этого нужно проверить частотные характеристики усилителя раздельно по каналам верхних и нижних частот. Они должны соответствовать характеристикам, изображенным на фиг. 29 сплошными линиями. Если частотные характеристики недостаточно прямолинейны, то следует несколько увеличить глубину отрицательной обратной связи, увеличив сопротивление R_{25}. Глубина отрицательной обратной связи на крайних частотах звукового диапазона должна быть в пределах 18—20 *дб*.



Фиг. 29. Частотные характеристики двухканального усилителя.

Достигнув соответствующей линейности частотных характеристик, необходимо выравнять усиление по каналам. Подавая для этого от звукового генератора на сетку правого триода лампы $Л_2$ напряжение с частотой 400 *гц*, устанавливают на выходе канала нижних частот напряжение 1 *в*. Затем, не изменяя подаваемого напряжения, повышают его частоту до 5 000 *гц* и измеряют напряжение на выходе канала верхних частот, которое должно быть также равно 1 *в*. Если же оно не равно 1 *в*, то этого значения достигают подбором величины сопротивления R_{12}.

Указанный способ выравнивания усиления по каналам применим при одинаковых сопротивлениях звуковых катушек громкоговорителей. При других же условиях, устанавливая на выходе канала нижних частот напряжение 1 *в*, напряжение на выходе канала верхних частот должно быть равно $\sqrt{R_в/R_н}$, где $R_в$ — сопротивление звуковой катушки громкоговорителя верхних, а $R_н$ — нижних частот.

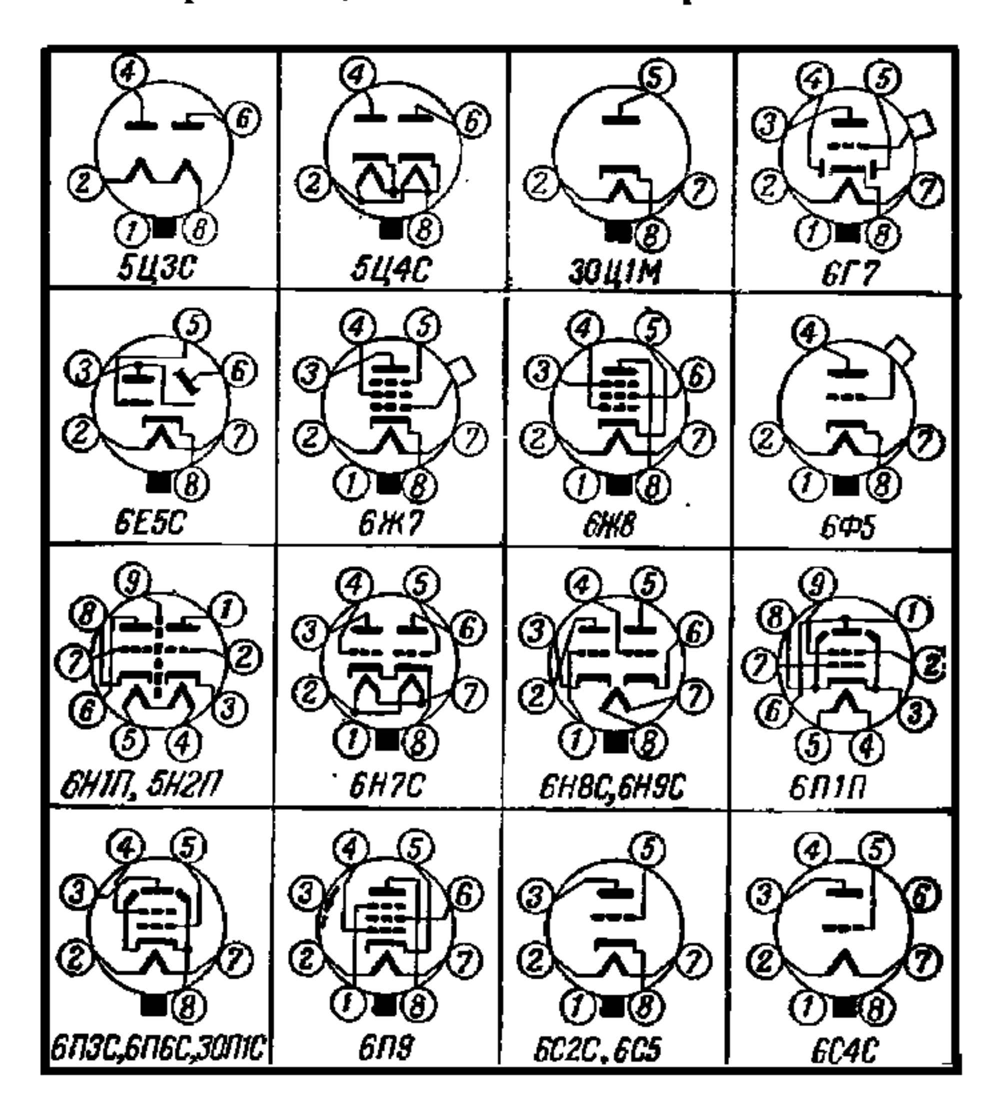
Выравнив усиление каналов, определяют частоту их раздела, которая должна быть около 800 *гц*. Если точка раздела (*A* на фиг. 29) расположена более чем на 3 *дб* ниже среднего значения частотных характеристик, то необходимое усиление на частоте раздела устанавливается подбором емкости конденсатора C_{11}.

Откорректировав окончательно частотные характеристики усилителя, надо проверить работу регуляторов тембра. Для этого звуковой генератор, настроенный на частоту 60 *гц*, соединяют с входом «Радиоприемник», а к выходу усилителя нижних частот подключают ламповый вольтметр переменного тока. Установив затем регулятор тембра нижних частот (сопротивление R_{28}) в положение наибольшего подъема этих частот, регулятором громкости (сопротивления R_{14} и R_{15}) доводят напряжение на выходе усилителя до 2 *в*. Потом этот же регулятор тембра переводят в положение наименьшего пропускания нижних частот. При этом напряжение на выходе усилителя должно уменьшиться до 0,1 *в*. Таким же способом, подавая от звукового генератора напряжение с частотой 10 000 *гц* и переключив ламповый вольтметр на другой выход усилителя, проверяется работа регулятора тембра верхних частот (сопротивление R_{18}). На частоте 1 000 *гц* при установке обоих регуляторов тембра в любые крайние положения выходные напряжения усилителей не должны изменяться более чем на 15%.

Уровень фона проверяется при замкнутых накоротко входах усилителя, полностью введенных регуляторах тембра и громкости и переведенном переключателе $П_2$ в положение *1*. Измеренное ламповым вольтметром напряжение фона на выходе усилителя нижних частот должно быть не более 0,02 *в*, а на выходе усилителя верхних частот — не более 0,015 *в*. Повышенный уровень фона может быть вызван недостаточной фильтрацией анодного напряжения, плохими лампами, а также наводкой переменного тока на цепи управляющих сеток ламп первых каскадов усилителя. В хорошо отрегулированном усилителе фон не должен быть слышен на расстоянии 10—15 *см* от громкоговорителей.

После регулировки усилитель надо проверить на воспроизведение радиопередач и граммзаписи.

На схемах показано, в каком порядке расположе штырьки лампы, если смотреть на ее цоколь снизу и ве счет штырькам по движению часовой стрелки.



УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Для радиолюбителей, интересующихся более полными материалами о конструкциях усилителей низкой частоты, схемы и описания которых помещены в этой брошюре, приводим список журналов, где впервые они опубликованы.

Номера описаний здесь указываются в соответствии с нумерацией содержания брошюры.

1. «Радио», 1952, № 9, стр. 55.
2. «Радио», 1952, № 11, стр. 54—59.
3. «Радио», 1951, № 5, стр. 61.
4. «Радио», 1950, № 3, стр. 43—45.
5. «Радио», 1952, № 1, стр. 48—51.
6. «Радио», 1949, № 9, стр. 58—61.
7. «Радио», 1952, № 3, стр. 38.
8. «Радио», 1949, № 3, стр. 43.
9. «Радио», 1948, № 3, стр. 48 и 49.
10. «Радио», 1952, № 1, стр. 48—51.
11. «Радио», 1952, № 1, стр. 48—51.
12. «Радио», 1953, № 1, стр. 49—51.
13. «Радио», 1953, № 2, стр. 57 и 58.
14. «Радио», 1956, № 8, стр. 34—36.
15. «Радио», 1949, № 12, стр. 42—44.
16. «Радио», 1951, № 8, стр. 56 и 57.
17. «Радио», 1954, № 6, стр. 53—57.
18. «Радио», 1955, № 6, стр. 28 и 29.
19. «Радио», 1956, № 2, стр. 37—39.

Фотокопии со страниц журналов можно заказать отделу внешнего обслуживания Государственной библиотеки имени Салтыкова-Щедрина (Ленинград, 11, Садовая, 18).